



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift
10 DE 43 11 297 A 1

51 Int. Cl.⁵:
B 01 D 25/00
B 01 D 35/00
B 01 D 35/18
B 01 D 35/20
C 12 H 1/08
B 01 D 63/18
B 01 D 65/02

21 Aktenzeichen: P 43 11 297.8
22 Anmeldetag: 6. 4. 93
43 Offenlegungstag: 13. 10. 94

DE 43 11 297 A 1

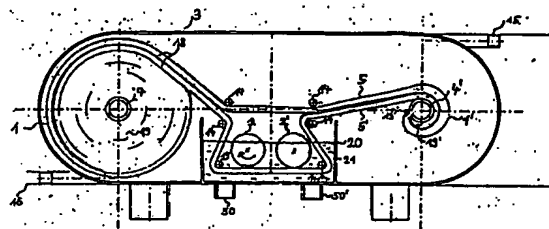
71 Anmelder:
Steinbeis Gessner GmbH, 83098 Brannenburg, DE

74 Vertreter:
Eitle, W., Dipl.-Ing.; Hoffmann, K., Dipl.-Ing.
Dr.rer.nat.; Lehn, W., Dipl.-Ing.; Fücksle, K.,
Dipl.-Ing.; Hansen, B., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.;
Brauns, H., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.; Görg, K.,
Dipl.-Ing.; Kohlmann, K., Dipl.-Ing.; Kolb, H.,
Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.; Ritter und Edler von
Fischern, B., Dipl.-Ing., Pat.-Anwälte; Nette, A.,
Rechtsanw., 81925 München

72 Erfinder:
Heininger, Hans-Ulrich, Dr., 83229 Aschau, DE; Brett,
Elke, 83024 Rosenheim, DE; Lemke, Andreas, 83569
Vogtareuth, DE; Hoffmann, Jürgen, Dr., 83135
Schechen, DE

54 Regenerierbare Separationselemente, deren Verwendung und dafür geeignete Gehäuse

57 Die Erfindung betrifft aus Wickeln (1, 1'), aus Spiralwickeln (36), aus Faltenpaketen bzw. Faltenbälgen (28, 28') oder aus Segmentstapeln (37) gebildete, regenerierbare Separationselemente für die Behandlung flüssiger und gasförmiger Medien, deren aus Separationsmitteln und/oder Drainageelementen bestehende Lagen (5, 5') bzw. Separationsmedien (7, 7'), Separations- oder Filtereinheiten (18) oder Separations- oder Filtersegmente (40) in geeigneten, erfindungsgemäßen Gehäusen (1) durch Umwickeln, Aufwickeln, Umfalten, Umklappen, Umbiegen oder Auslenken vereinzelt werden können, so daß eine, für die Regeneration notwendige, direkte Wechselwirkung mit einem Regenerationsmedium (21) und/oder mindestens einer Regenerationseinheit (2, 2') möglich ist. Mit den erfindungsgemäßen Separationselementen, die je nach Variante statisch, crossflowartig oder nach dem Dialyseprinzip betrieben werden können, lassen sich neue Separationsaufgaben wirtschaftlich und bekannte Separationsaufgaben wirtschaftlicher lösen sowie der anfallende Abfall an verbrauchten Separationselementen erheblich vermindern.



DE 43 11 297 A 1

Die Erfindung betrifft regenerierbare Separationselemente für die Behandlung flüssiger und gasförmiger Medien, die fadenförmige, faserförmige, flächige, hohlfaserförmige, schlauchförmige oder rohrförmige, oberflächenaktive und/oder poröse Separationsmaterialien enthalten und in einem geschlossenen Gehäuse betrieben werden können.

Separationsmaterialien im Sinne der Erfindung werden im allgemeinen Sprachgebrauch als Filtermaterialien bezeichnet. In dieser Druckschrift werden bevorzugt die Begriffe Separationsmaterialien und Separationsmedien gebraucht, um zu unterstreichen, daß für deren Wirkung nicht unbedingt eine Durchströmung nötig ist, sondern die Wechselwirkung auch bei einfachem Medienkontakt durch adsorptive, chemische, katalytische, kapillare (saugende) oder andere Mechanismen erfolgen kann.

Separationsmedien können aus einem oder verschiedenen Separationsmaterialien bestehen. Sie werden bezüglich ihrer Porengröße bzw. Trenngrenzeigenschaften (Grob-, Fein-, Mikro-, Ultrafiltration und Reverse Osmose), ihres Trennmechanismus (Sieb, Tiefenfiltration, Adsorptive Filtration, Pervaporation, Dampfpermeation, Gastrennung ...) und ihrer Wechselwirkung mit dem zu behandelnden Medium (spezifische und unspezifische Adsorption, Chromatographie, Katalyse, Ionenaustausch, Kapillarwirkung, Elektretwirkung ...) charakterisiert. Die Separationsmedien wirken also sowohl als Barriere als auch Adsorber und Reaktionsfläche bzw. Reaktionsvolumen für bestimmte Inhaltsstoffe von Gasgemischen, Aerosolen, Flüssigkeitsgemischen, Lösungen sowie kolloidalen und partikulären Suspensionen.

Regeneration bedeutet, daß durch physikalische und chemische Behandlung der Separationsmedien die ursprünglichen bzw. bestimmte, gewünschte Eigenschaften mehrfach und zumindest zum Teil wieder eingestellt bzw. hergestellt werden können. Dabei kann die Regeneration in Stufen und durch Anwendung verschiedener Verfahren erfolgen. Eine spezielle Form der Regeneration ist die Reinigung, bei der vom Separationsmedium (Filtermedium) gezielt oder unerwünscht zurückgehaltene oder mit dem Separationsmaterial wechselwirkende Substanzen wieder entfernt werden.

Bei Separationselementen kann auch daran gedacht werden, andere Komponenten als das Separationsmedium wie z. B. Dichtungsmaterialien, Beschichtungen von Bauteilen usw. zu regenerieren bzw. zu erneuern; dies ist im Sinne der Erfindung nur ein möglicher Nebeneffekt.

Die Operationszustände der Separationselemente, in denen die Regeneration erfolgen kann, werden wie folgt definiert. Die Regeneration kann während der Separation (permanent oder zeitweise) "on line on" erfolgen, sie kann in der Anlage ohne Austausch des zu behandelnden Mediums bei unterbrochenem Separationsvorgang "on line off" stattfinden, sie kann in der Anlage nach Entfernung des zu behandelnden Mediums "in place" oder nach Ausbau aus der Anlage "ex place" durchgeführt werden.

Die "on line on" Regeneration während der Separation nimmt eine gewisse Sonderstellung ein. Sie zielt sowohl auf die Vermeidung oder Minimierung des sog. Foulings (irreversible Veränderung des Separationsmediums) z. B. durch anlegen einer elektrischen Spannung, Überlagern von Ultraschallwellen oder Vibrationen, Zu-

satz von, die Separation erleichternden Stoffen oder das unten beschriebene Cross-Flow-Prinzip, als auch auf die Behebung des Foulings z. B. durch Modulkompression oder Fluxvariation, ohne daß die Separation unterbrochen wird.

Faserförmige, flächige, hohlfaserförmige oder schlauchförmige, oberflächenaktive und/oder poröse Separationsmaterialien, an die, in denen oder zwischen denen ggf. adsorptive, ionenaustauschende, katalytisch wirkende Stoffe gebunden, fixiert oder eingelagert sind oder die Elektretcharakter haben, werden heute zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit und Filtrationseffizienz zusammen mit anderen Komponenten, wie Schutz-, Drainage-, Stütz-, Adaptionen- und Dichtelementen sowie Vergußmassen usw. zu Separations- bzw. Filterelementen verarbeitet. Die Bauform der Separationselemente wird durch die Anwendung und die Anlage, in der sie betrieben werden, bestimmt.

Einen Gesamtüberblick zum Stand der Technik in der Fest- Flüssig-Separation gibt der Anhang zum Artikel "Auswahl von Apparaten zur Fest-Flüssig-Filtration" von F. Kardekopf et al in der Zeitschrift Filtrieren und Separieren 6 (1992) 278—305.

Die Aufstellung enthält auch offene Systeme, d. h. Systeme die im Separationszustand bezogen auf den Umgebungsdruck nur drucklos oder mit Vakuum betrieben werden können.

Die vorliegende Erfindung bezieht sich jedoch ausschließlich auf Separationselemente, die im Separationszustand umgeben vom zu behandelnden Medium, in geschlossenen Gehäusen mit mindestens zwei Öffnungen oder Anschlüssen für den Medienaustausch, sowohl drucklos, als auch bei Überdruck oder Unterdruck betrieben werden können.

Beispiele für solche Separationselemente sind zylindrische, gewickelte oder plissierte Filterkerzen, Flachfiltermodule in Stapelbauweise und sog. Hohlfaser- oder Rohrmodule mit integriertem Gehäuse.

Ziel der Modulkonfiguration ist es häufig, möglichst viel effiziente, ohne großen Druckverlust frei zugängliche Filterfläche auf minimiertem Volumen so unterzubringen, daß ein optimales, modulares Zusammenwirken mit Elementen gleicher Bauart in einer Anlage möglich ist.

Die kompakte, starre Bauweise heutiger Separationselemente bzw. -module ist auch eine Folge, der häufig rauen Betriebsbedingungen, bei denen es nicht selten zu Druckschlägen, Pulsationen, Vibrationen, großen Temperaturwechseln usw. kommt. Weiterhin erfordern wirtschaftliche Gründe und Qualitätsgründe geringe Totvolumina in den Separationselementen, um z. B. Produktverluste und den Einsatz an Reinigungsmitteln zu minimieren oder Störsubstanzen, wie Reinigungsmittelreste oder Gasreste (z. B. Sauerstoff bei der Bierfiltration) nach einem Reinigungszyklus, quantitativ entfernen zu können.

Mittel zur Erhöhung der Lebensdauer solcher Separationselemente sind eine Medienvorbehandlung bzw. Vorfiltration oder die Kombination verschiedener Separations- oder Filtermedien, wie sie z. B. in der DE 38 05 299 beschrieben ist.

Diese Präventivmaßnahmen reichen häufig nicht für einen wirtschaftlichen Einsatz der bekannten Separationselemente aus, so daß zusätzlich Regenerationsschritte nötig sind.

Die Regeneration kann theoretisch in den vier oben beschriebenen Operationszuständen erfolgen. Zur Anwendung kommen Druckstöße, Pulsationen, Gasspü-

lung, Fluxumkehr, Fluxvariation, Rückspülungen mit erwärmten Filtrat, Spülung mit kaltem und heißem Wasser, Chemikalien usw. Beispiele finden sich in den Druckschriften PCT WO 88101895, DE 34 23 594, DE 39200973 oder DE 39 14 326.

Bei Anwendung der genannten Regenerationsmethoden wird die Konfiguration des Separationselementes zur Regeneration nicht verändert, d. h. es kommt zu einer flächen- oder volumenunspezifischen Wechselwirkung zwischen dem Regenerationsmedium und dem Separationsmedium. Eine direkte Wechselwirkung einer Reinigungsvorrichtung mit Teilbereichen des Separationsmediums oder eine spezifischen Wechselwirkung bzw. gezielten Behandlung von Teilbereichen des Separationsmediums mit dem jeweilig optimalen Regenerationsmedium ist kaum möglich, es sei denn das Separationselement besteht aus nur einer Lage oder ist sehr offen konstruiert.

Die offene Struktur steht, wie oben beschrieben, häufig einem prozeßsicheren Einsatz entgegen, während aus der Einlagigkeit des Separationsmediums in der Regel unwirtschaftliche Leistungen resultieren.

Für die erfindungsgemäßen Separationselemente wird vorausgesetzt, daß zur Erreichung der notwendigen Separationsleistung eine kompakte oder dicht gepackte Anordnung des Separationsmediums nötig ist und der Hauptflächenanteil bzw. die Hauptmasse des Separationsmediums im Separationszustand separationsaktiv genutzt werden kann.

Die oben erwähnten starren Bauformen erlauben die separationswirksame Nutzung des gesamten Separationsmediums, haben aber den Nachteil, daß die Gesamtheit der Oberfläche oder des Volumens des Separationsmediums kaum optimal, weil nicht frei zugänglich, zu regenerieren ist. Die Geometrie und die Elementkomponenten sind in der Regel auf den Separationsvorgang, die Separationsbedingungen sowie häufig angewandte Sterilisationsvorgänge und den dabei herrschenden Sterilisationsbedingungen abgestimmt. Es können nur Regenerationsmethoden angewandt werden, die mit der Konfiguration und allen Bestandteilen physikalisch und chemisch konform gehen. Tote Winkel erschweren nicht nur die Regeneration, sondern auch die restlose Entfernung von Regenerationsmitteln oder z. B. Mikroorganismen.

Eine Methode der Regeneration ist das sog. Cross-Flow-Verfahren. Bei der Cross-Flow-Filtration wird versucht, durch tangentialen Überströmen des Filtermediums und Rezirkulierung des Retentats den Aufbau einer leistungsmindernden Deckschicht "on line on" zu verhindern. Bei der Konstruktion muß also zusätzlich sichergestellt sein, daß eine schnelle Überströmung (enge Kanäle) zumindest auf der Retentatseite möglich ist. Dieses Verfahren ist heute in der Mikro- und Ultrafiltration etabliert. Es ist das Hauptanwendungsgebiet für Kapillar- bzw. Hohlfaserfilter und Rohrmodule.

Bei vielen Anwendungen der Cross-Flow-Filtration hat sich aber gezeigt, daß das Überströmprinzip allein nicht ausreicht, um auf Dauer ein Fouling, d. h. eine permanente Veränderung der Filtermedien zu verhindern. In der Regel erfolgen zusätzliche Regenerationsschritte, wie bei der statischen Filtration, wobei dies in allen vier oben beschriebenen Operationszuständen erfolgen kann. Die Möglichkeit der Überströmung erlaubt zusätzliche Reinigungsvarianten, wie z. B. den Einsatz mechanisch, abrasiv wirkender Zusätze zum Retentatrezirkulat (Schwämme, starre Partikel...).

Auch bei diesen Systemen wird die Konfiguration des

Separationselements für die Regeneration nicht verändert, so daß bezüglich der Regenerationsmöglichkeiten die oben beschriebenen Nachteile für statisch arbeitende Separationssysteme gleichermaßen gelten.

Im Gegensatz zur statischen bzw. "dead end" Filtration, bei der in der Regel nur das Filtrat interessiert, stellt bei der Cross-Flow-Filtration auch das Retentat und gelegentlich auch das am Separationsmedium adsorbierte Material die Wertstufe dar. Vor allem weil bei den heutigen Systemen die Zugänglichkeit zum Separationsmedium eingeschränkt ist, ist die letzt genannte Variante noch wenig verbreitet.

Andere Varianten von Separationselementen haben einen zylindrischen Aufbau, wobei nur der äußere oder innere Mantel des Separations- bzw. Filterrohres separationswirksam ist. Die Separationsflächen dieser Module sind leichter zugänglich als bei den oben beschriebenen Systemen und z. B. physikalisch durch Abbürsten oder Absprühen reinigbar. Hierbei können sich die Bürsten, aber auch der Filterzylinder selbst bewegen, indem er rotiert oder eine Längsbewegung durchführt. Ein weiterer Vorteil ist, daß solche Konstruktionen kaum tote Winkel haben.

Eine Reinigungsvariante für ein Filterelement mit zylindrischem Aufbau beschreibt die Druckschrift DE 40 19 833. Hierbei ist der Zylinder segmentiert, wobei ohne Unterbrechung der Filtration, jeweils das unterste Segment zur Reinigung entnommen und durch ein gereinigtes oben aufgesetztes Element ersetzt wird, so daß die filtrationswirksame Gesamfläche jeweils konstant ist.

Neben der Gefahr der nicht ausreichenden Abdichtung zwischen den Segmenten ist von großem Nachteil, daß die Filterfläche dieser Systeme bezogen auf den Raumbedarf, gegenüber gewickelten, plissierten, gestapelten oder gebündelten Filtereinheiten minimal ist.

Die Außenfläche des Mantels einer Filterkerze bzw. eines röhrenförmigen Separationselements mit 70 mm Durchmesser und 10 Inch Länge ist z. B. 550 cm². In Elementen gleicher Dimension lassen sich aber 8000 cm² eines mehrschichtigen Separationsmediums unterbringen, wenn dieses plissiert oder gewickelt vorliegt. Aus dem Flächenunterschied ergibt sich auch, daß die röhrenförmige Konfiguration ein wesentlich höheres Totvolumen zur Folge hat.

Um ausreichende Flüsse oder Kontaktflächen sicherzustellen, müssen, je nach Anwendung und Trennschärfe, häufig viele solcher röhrenförmigen Elemente oder einzelne Filtersegmente parallel in einem Gehäuse oder mehrere Gehäuse mit Einzelementen parallel betrieben werden. Dies bedeutet einen hohen apparativen Aufwand bzw. im Fall von Großgehäusen wiederum eine Erschwernis der Regeneration im Gehäuse ("in place"), die Gefahr von fehlerhaft eingebauten Elementen oder Segmenten oder nicht funktionsfähiger Abdichtungen. Für die Behandlung außerhalb des Gehäuses ("ex place") ergeben sich lange Rüstzeiten und ein erhöhtes Risiko für Beschädigungen.

Bewegliche Filterbänder sind eine weitere Variante, um einen kontinuierlichen Flux zu erreichen. Dabei steht immer nur ein bestimmter, meist sehr kleiner Flächenanteil mit dem zu filtrierenden Medium in Kontakt. Es gibt die Varianten des Endlosbandes und der Bänder mit einer Ab- und Aufwicklung. In beiden Fällen kann das flächige Band an einer anderen Stelle der Anlage, als der Filtrationszone oder in einem weiteren Rollzyklus in der Filtrationszone regeneriert werden. Beispiele sind Rollbandfilter für die Luftentstaubung, Filterbandsysteme

me zur Membranchromatographie oder Bandfilter zur Schlammmentwässerung.

Wie angesprochen ist der Nachteil dieser Filter, daß immer nur ein geringer Teil der Fläche bzw. Masse des Separationsmediums für den Separationsvorgang zur Verfügung steht und bei kontinuierlichen Systemen während des Separationsvorgangs eine hermetische Abdichtung des Filtratraumes (es dürfen keine Bypässe größer als die Ausschlußgrenze des Filters auftreten) apparativ aufwendig ist. Meist handelt es sich um nicht geschlossene, vom Platzbedarf und der Konstruktion her gesehen, aufwendige Systeme.

Sowohl für die statische Filtration, als auch für die Cross-Flow-Filtration sind Systeme bekannt, bei denen ein Separationselement aus einzelnen übereinander oder nebeneinander gestapelten, vieleckigen oder runden Schichten aus Trägerplatten, Filtersegmenten, Drainagesegmenten, Dichtrahmen oder Dichtmasken usw. gebildet werden. Diese Systeme lassen sich theoretisch für eine Regeneration auseinanderbauen oder segmentieren. Dies ist aber mit einem erheblichen, in der Regel manuellem Aufwand und vor allem mit der Gefahr verbunden, daß es bei der Vereinzelung der Komponenten bzw. der Separationssegmente oder beim Zusammenbau zu Beschädigungen kommt und oder beim Zusammenbau Fehler, z. B. in der Schichtenfolge oder durch fehlerhafte Abdichtung zwischen den einzelnen Segmenten, auftreten. Der Aufwand und die geschilderten Gefahren nehmen zumindest proportional mit der für den Separationsprozeß notwendigen Separationsfläche zu. Die beschriebene Art der Segmentierung birgt also eine große Prozeßunsicherheit und ist kaum zu automatisieren.

Bekannt sind auch Separationssysteme bei denen der mechanische Abscheidegrad ("Poren") über den Abstand der Wendel einer metallischen Spirale oder den Abstand zwischen zwei wendelförmig aufgewickelten Drähten bestimmt wird. Ein solches Separationselement ist z. B. in der DE 40 22 738 beschrieben. Bezogen auf die aktive Separationsfläche oder "Porosität" sind diese Systeme selbst den oben beschriebenen zylindrischen Systemen unterlegen. Zur Unterstützung der Regeneration kann zwar der Wendelabstand oder der Drahtabstand verändert werden. Insgesamt gesehen bleibt aber der Spiralcharakter jeweils erhalten. Die möglichen Dimensionsänderungen sind stark begrenzt und lassen nur sehr eingeschränkt eine direkte Wechselwirkung mit einem Regenerationselement zu.

Der Regeneration von Separations- oder Filtermedien kommt eine hohe wirtschaftliche Bedeutung zu. Durch eine erfolgreiche Regeneration läßt sich das Preis-/Leistungsverhältnis entscheidend verbessern. Auch können Anlagen, die eine "on line" Regeneration erlauben, kleiner dimensioniert werden. Dadurch reduzieren sich die Lagerkosten und die Kapitalbindung für Ersatzseparationselemente.

Die Notwendigkeit für regenerierbare Separationselemente ergibt sich unter anderem auch aus den Erwartungen, die in die Cross-Flow-Filtration als Methode mit Selbstreinigung gesetzt wurden. Auch wenn sich hier Grenzen aufgezeigt haben, ist das Interesse an diesem Verfahren, mangels anderer Alternativen, ungebrochen, was sich in zahlreichen Patentanmeldungen und anderen Veröffentlichungen sowie den Marktaktivitäten diverser Neuanbieter widerspiegelt.

Die Regeneration von Separationsmedien hat nicht nur einen wirtschaftlichen Aspekt, sondern auch umweltrelevante Auswirkungen. Zum einen werden durch die Mehrfachverwendung Ressourcen geschont, zum an-

deren entschärft sich dadurch die Entsorgungsproblematik.

Von besonderer Bedeutung ist, daß die von den Filtermedien zurückgehaltenen Stoffe häufig physiologisch gefährlich sind (Asbeststaub bei der Asbestsanierung-, Rückstände bei der Chemikalienfiltration oder Filtration biologischer Medien usw.) und dadurch das normale Deponieren, das Verbrennen oder Wiederverwerten von Filtern oder Filterelementen nicht erlauben, wenn nicht eine vollkommene Regeneration, insbesondere Endreinigung möglich ist.

Bei herkömmlichen Separationselementen wie Filtermodulen ist dies in der Regel erst nach aufwendiger Zerstörung der Module möglich.

Ein besonderes Problem stellen in diesem Zusammenhang z. B. Separationselemente dar, die im radioaktiven Bereich von Kernkraftwerken eingesetzt werden. Deren Entsorgung stellt auch heute noch ein ungelöstes Problem dar. Ziel muß es deshalb sein, regenerierbare Separationselemente einzusetzen, um durch mehrfache Regeneration, die Zahl der benötigten Separationselemente drastisch zu reduzieren. An diesem Beispiel wird auch deutlich, daß der Regenerationsvorgang automatisierbar sein muß.

Generell ist eine Regeneration von Separationsmedien auch immer dann von Vorteil, wenn der Transport und die Lagerung von Separationsmedien nur beschränkt möglich ist, wie z. B. auf Schiffen.

Ein weiterer Aspekt ist, daß Separationselemente heute häufig verworfen werden, obwohl sie grundsätzlich noch funktionsfähig sind, weil eine wirksame Regeneration des Separationsmediums bei den bekannten Bauformen nicht möglich ist. So wird z. B. eine mehrlagige Wickelkerze mit 40 bis 80 Wickellagen verworfen, wenn eine einzige innere, für die Regeneration nicht zugängliche, Schicht verblockt oder erschöpft ist.

Elektrete, d. h. Filtermedien die permanente, elektrische Felder erzeugen, die zu einer erhöhten Filtereffizienz bei der Gasfiltration führen, können wie z. B. in der EP 182512 beschrieben, nur erzeugt werden, wenn direkt auf die Filterbahn eine elektrische Korona wirkt, d. h. nur wenn die Bahn durch ein entsprechendes elektrisches Feld geführt wird. Ähnlich wird Ultraschall durch hintereinander gestaffelte Materialien sehr stark gedämpft. Es erfolgt keine Wirkung in die Tiefe. Der Einsatz oder die Notwendigkeit einer Korona, von Ultraschall oder auch die Besprühung mit einer z. B. unter Hochdruck stehenden Flüssigkeit erfordert also die direkte Wechselwirkung der Regenerationseinheit mit der Oberfläche des Separationsmediums. Häufig ist für die Wechselwirkung auch ein definierter Abstand oder Winkel zwischen der Regenerationseinheit und der Oberfläche des Separationsmediums Voraussetzung. Ebenso muß beim Abtupfen oder Abreiben ein direkter Kontakt möglich sein.

Um schleimige oder hochviskose Abscheidungen aus einem Separationselement zu entfernen, hilft in der Regel keine Spülung. Hier ist die direkte Wechselwirkung mit einer Reinigungseinheit, zumindest aber die Möglichkeit des widerstandslosen Ablaufs nötig. Beides ist bei den bekannten, dicht gepackten Bauformen nicht gegeben.

Beinhaltet die Regeneration eine chemische Umsetzungen an der Filtermatrix eines Separationselements, so ist nicht auszuschließen, daß unerwünschte Reaktionen mit anderen Elementkomponenten stattfinden, daß es zu Verstopfungen kommt oder z. B. Chemikalien nicht restlos ausgespült werden können. Beispiele sol-

cher Umsetzungen sind Versuche die Filteroberfläche bzw. die Oberfläche des Separationsmediums mit hydrophilen, oleophoben, hydrophoben, bioziden, die Entflammbarkeit hemmenden, Ionenaustauschfunktion besitzenden, das Zetapotential verändernden Imprägniermitteln, Polymerharzen usw. zu beschichten bzw. auszurüsten oder diese chemisch oder adsorptiv an das Filtermaterial zu koppeln.

Ähnliches gilt z. B. für die Immobilisierung von Enzymen, Katalysatoren usw. an Separationsmedien. Ohne direkte Applizierung käme es hier zu großen Verlusten und der Gefahr der Ausschleppung bei der Separation.

Bei bestimmten Anwendungen bzw. Medien wirken schon geringste Mengen von Inhaltsstoffen, um z. B. Mikrofilter zu blockieren. Es handelt sich dabei häufig um natürliche Medien, bzw. Flüssigkeiten, die aus Naturstoffen erzeugt werden und deren Filtrierbarkeit stark chargenabhängig ist. Eine wirtschaftliche Behandlung dieser Medien ist nur möglich, wenn mit einer spezifischen oder unspezifischen Regenerationsmethode kurzfristig wieder die Funktionsfähigkeit des Separationsmediums hergestellt werden kann.

Ein Beispiel ist die prozeßmäßige Kaltsterilisation des biotechnologischen Mediums Bier, deren wirtschaftliche Realisation bisher daran scheitert, daß eine von der Biersorte oder Biercharge unabhängige und sichere Regeneration bekannter Filterelemente, mit den bekannten Reinigungsmethoden, noch nicht möglich ist.

An diesem Beispiel läßt sich auch erläutern, daß die bekannten Systeme nicht flexibel genug sind, um sich dem jeweils chargenbedingten Flächenbedarf anpassen zu können. Der aktuelle Flächenbedarf ergibt sich jeweils aus dem Verblockungsgrad des Filters und dem vom Füller bedingten Filtratmenge pro Zeit. Verblockungsbedingte Fluxabfälle werden meist erst erkannt, wenn die Erschöpfung der Filterfläche sehr weit fortgeschritten und eine kurzfristige Reinigung nicht mehr möglich ist. Eine Erhöhung des Filtrationsdruckes wirkt dann nur noch kurze Zeit. In der Regel werden heute deshalb Filtergehäuse, bezogen auf die Filterfläche, überdimensioniert. Die Gehäuse müssen dann weniger oft zum Elementwechsel geöffnet werden, da eine große Flächenreserve vorhanden ist. Dies bedeutet aber, daß, in Abhängigkeit von der Position im Gehäuse, die Filterflächen sowohl bei der Filtration, als auch bei Reinigungs- und Sterilisationsvorgängen unterschiedlich beansprucht werden und sich somit viele Teilflächen in total unterschiedlichen Zuständen befinden. Eine spezifische, gleichmäßige Regeneration ist nicht möglich. Die Überdimensionierung bedeutet weiterhin, daß sich die Filtrations- und Sterilisationszyklen für jedes Filterelement proportional zur Überdimensionierung erhöhen. Vergleichbar ist die unnötige Belastung für Wäsche, die routinemäßig gewaschen würde, unabhängig davon ob sie benutzt wird bzw. verschmutzt ist oder nicht.

Eine mehrfache Regeneration ermöglicht auch das Erschließen neuer Anwendungen z. B. im Bereich der Umwelttechnik, die heute nicht oder mit wenig umweltfreundlichen Alternativverfahren bedient werden und für die die Filtration bisher aus Kostengründen nicht anwendbar war.

Regeneration, d. h. auch Ersatz und Minimierung von Filter- bzw. Separationshilfsstoffen, die bisher nötig waren, um die Verblockung der nachgeschalteten, nicht oder nicht ausreichend regenerierbaren Separationselemente, hinauszuzögern. Filterhilfsstoffe wie z. B. Kieselsäure sind nicht nur ein Kostenfaktor beim Einkauf, sondern fallen z. B. in Brauereien in großen Mengen, als

teuer zu entsorgender Abfall, an.

Der Mangel an Regenerationsfähigkeit führt auch dazu, daß man heute ein Separationselement für nur ein zu behandelndes Medium einsetzt, weil bei den bekannten Bauformen eine absolute Reinigung häufig nicht sicherzustellen ist und somit die Gefahr der Sekundärkontamination für ein zweites Medium besteht. Es werden also mehrere Separationselemente benötigt, obwohl man, bezogen auf die gewollte Wirkung, mit einem Element auskommen könnte (Rüstzeiten, Lagerhaltung, Nutzungsgrad...).

Eine ganzflächige, gezielte Regeneration würde es weiterhin erlauben, das Separationsmedium gewollt in verschiedene Effizienzqualitäten über zuführen oder die Effizienz bestimmende Eigenschaften auffrischen zu können.

Für die Abreinigung von Staub ist z. B. der Elektretcharakter eines Filtermediums, der zur Effizienzsteigerung bei der Abscheidung führt, nachteilig. Zur Abreinigung ist es also günstiger, wenn die Elektretwirkung aufgehoben wird. Es müßte eine Entladung der gesamten Fläche stattfinden können, gefolgt durch den Staubaustrag mittels Pulsation, Vibration, Auswaschen oder Ausblasen mit Preßluft oder dergleichen. Für einen weiteren Einsatz müßte dann der Elektretcharakter wieder hergestellt werden. Kompakte Separationselemente, die eine solche Abfolge von Regenerationsschritten erlauben, sind heute nicht bekannt.

Wirken die Matrix bzw. die Hohlräume oder nur die Oberfläche der anorganischen oder organischen Separationsmedien als Ab- oder Adsorber (hydrophil, hydrophob), sind in oder an ihnen funktionelle Gruppen fixiert bzw. Enzyme, Bakterien, Katalysatoren usw. immobilisiert, mit denen der oder die Wertstoffe oder Störstoffe aus einem aufzuarbeitenden Medium zurückgehalten oder beeinflußt werden können, so ist es von entscheidender Bedeutung, den Separationsvorgang vor der Erschöpfung der funktionellen Stoffe oder Gruppen zu beenden und somit einen Durchbruch zu verhindern oder die quantitative Gewinnung der Wertstufe oder die quantitative Entfernung der Störstoffe zu ermöglichen. Hierzu ist es erforderlich den Aktivitätsgrad nach der letzten Regeneration quantitativ bestimmen bzw. einstellen zu können. Letzteres ist bei den bekannten Systemen kaum möglich.

Der Erfindung lag daher die Aufgabe zu Grunde, prozeßsichere und für eine automatische Regeneration geeignete Separationselemente zu entwickeln, die es erlauben, daß während der Separationsphasen die gesamte oder eine chargenbedingt notwendige Fläche oder Masse von Separationsmitteln in Medienkontakt gebracht werden kann und in den Regenerationsphasen eine direkte Wechselwirkung der zu regenerierenden Zonen und Bereiche dieser Separationsmittel mit Regenerationsmedien und oder Regenerationseinheiten möglich ist.

Diese Aufgabe wird gemäß der vorliegenden Erfindung durch die im kennzeichnenden Teil des Patentanspruches 1 angegebenen Merkmale gelöst. Vorteilhafte Aus- und Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen angegeben.

Demgemäß besteht der Gedanke der Erfindung darin, daß die für den Separationsprozeß notwendige Fläche oder Masse eines Separationsmittels, durch Vereinzelung der Separationsmedien (7, 7'), der Separations- oder Filtereinheit (18) oder der Separations- oder Filtersegmente (40), für die Regenerationsphasen in eine andere, der Regeneration förderliche, Konfiguration ge-

bracht werden kann, ohne das die Verbindung der Separationsmedien (7, 7') oder der Separations- oder Filtereinheit (18) bzw. der Separations- oder Filtersegmente (40) zu einer für die Medienzufuhr, die Medienabfuhr oder die automatisierbare Konfigurationsänderung notwendigen Vorrichtungen oder Achsen (4, 4', 39) aufgehoben werden muß. Die Konfigurationsänderung muß mehrfach reversibel erfolgen können.

Im Rahmen dieser Druckschrift sind die Begriffe Medium und Mediumräume, Separationsmedium (7, 7'), Separations- oder Filtereinheit (18) bzw. Separations- oder Filtersegment (40), Vereinzelung, Vereinzelungseinheit, Achsenanschluß (12, 12') und Achsenanbindung (13, 13') wie folgt definiert.

Medien sind alle flüssigen oder gasförmigen Substanzen, die durch Kontakt mit einem Separationsmedium (7, 7') einem Separationsprozeß unterzogen werden sollen. Medienräume werden gebildet, wenn das Medium, durch die Separations- oder Filtereinheit (18), die Separationsmedien (7, 7') oder die Separations- oder Filtersegmente (40), in einem Gehäuse (3, 3') in zwei Volumenanteile getrennt wird.

Wie vorne beschrieben, werden Separationsmittel im allgemeinen Sprachgebrauch als Filtermaterialien bezeichnet. In dieser Druckschrift wird jedoch bevorzugt der Begriff Separationsmittel und Separationsmedien (7, 7') benutzt, um zu unterstreichen, daß für deren Wirkung nicht unbedingt eine Durchströmung (Filtration) nötig ist. Ein Separationsmedium (7, 7') kann aus einer oder mehreren gleichen oder verschiedenen Lagen bestehen. Eine Lage eines Separationsmediums (7, 7') kann ein oder verschiedene Separationsmittel enthalten. In einem Separationselement können mehrere gleiche oder verschiedene Separationsmedien (7, 7') in Folge wirksam sein.

Die Separations- oder Filtereinheit (18) und das Separations- oder Filtersegment (40) stellen im Sinne der Erfindung die größten Einheiten dar, die vereinzelt werden müssen, um eine erfolgreiche Regeneration durchführen zu können, indem sie selbst mit Regenerations-einheiten (2, 2', 2'' ...) wechselwirken oder Voraussetzung für eine notwendige weitere Vereinzelung sind. Eine Separations- oder Filtereinheit (18) bzw. ein Separations- oder Filtersegment (40) enthält immer mindestens ein Separationsmedium (7, 7'). Da bei mehrlagigem Aufbau von Separations- oder Filtereinheiten (18) bzw. Separations- oder Filtersegmenten (40), für den Kontakt zwischen einem Medium und einem Separationsmedium (7, 7'), immer Schichten durchströmt werden müssen, werden die Begriffe Separations- oder Filtereinheit bzw. Separations- oder Filtersegment benutzt.

Der Begriff Vereinzelung wird im Sinne der Erfindung dahingehend gebraucht, daß für den Regenerationsvorgang die Konfiguration der Separationselemente so verändert werden muß, daß einzelne frei zugängliche Abschnitte der Separations- oder Filtereinheit (18), der Separations- oder Filtersegmente (40) oder der Separationsmedien (7, 7') über einen für die Regeneration erforderlichen Zeitraum zumindest mit einem Regenerationsmedium (21) und oder einer Regenerationseinheit (2, 2', 2'' ...) wechselwirken können müssen. Die erfindungsgemäßen Varianten der Wechselwirkung werden später definiert.

Vereinzelungsvorrichtungen im Sinne der Erfindung sind Einbauten im Separationsgehäuse bzw. Gehäuse (3), die es im Zusammenwirken mit einer, für die Konfigurationsänderung, die Medienzufuhr oder die Medien-

abfuhr notwendigen Vorrichtung bzw. Achse (4, 4', 39) ermöglichen, daß die Separations- oder Filtereinheit (18), die Separations- oder Filtersegmente oder die Separationsmedien (7, 7') eines Separationselementes vereinzelt werden können. In dieser Druckschrift beschriebene Vereinzelungsvorrichtungen sind Umlenkrollen oder Umlenkstäbe (14, 14'), Vereinzelungsbleche (27), Fixierungsachsen (33) sowie die Achsen (4) oder (4').

Achsenanschlüsse (12, 12') sind zum Gehäuse gehörige Vorrichtungen, die es erlauben, daß die Achsen (4, 4', 39) und Vereinzelungsvorrichtungen in Bewegung gesetzt werden können. Bei speziellen Ausführungsformen können über die Achsenanschlüsse (12, 12') dem Gehäuse (3) Medium zugeführt oder von ihm abgeführt werden. Weiterhin können die Achsenanschlüsse (12, 12') auch unlösbar mit Vereinzelungsvorrichtungen und oder den Achsen (4, 4', 39) verbunden sein. Der Antrieb für die Achsenanschlüsse kann sowohl im, als auch außerhalb des Gehäuses installiert sein.

Die Achsenanbindungen (13, 13') sind Verarbeitungsformen oder Vorrichtungen der Separations- oder Filtereinheit (18), der Separationsmedien (7, 7'), der Separations- oder Filtersegmente (40) und der Anschlußbänder (23), die gegebenenfalls mit entsprechenden Vorrichtungen an den Achsen (4, 4', 39) korrespondieren, um die für die erfindungsgemäßen Separationselemente erforderliche Verbindung mit einer für die Konfigurationsänderung, die Medienzufuhr oder die Medienabfuhr notwendigen Vereinzelungsvorrichtung oder Achse (4, 4', 39) zu bewerkstelligen.

Dem Erfindungsgedanken entsprechend lassen sich folgende Grundtypen an regenerierbaren Separationselementen beschreiben:

1) Das Separationselement besteht im Separationszustand aus einem (1) oder aus zwei miteinander verbundenen Wickeln (1, 1'), der oder die das Separationsmedium (7) enthalten. Für die Regeneration können diese Wickel (1, 1'), unter Vereinzelung der Separations- oder Filtereinheiten (18) oder der Separationsmedien (7, 7'), auf-, ab- und umgewickelt werden.

2) Das Separationselement besteht im Separationszustand aus einem (28) oder aus zwei miteinander verbundenen, kompakten Faltenpaketen oder Faltenbälgen (28, 28'), die ein Separationsmedium (7, 7') enthalten. Für die Regeneration können diese Faltenpakete (28, 28'), zur Vereinzelung der Separations- oder Filtereinheiten (18) oder der Separationsmedien (7, 7'), entfaltet, umgefaltet oder umgeklappt werden.

3) Das Separationselement enthält Separationsmedien (7, 7'), die sternförmig bzw. radial an einer zentralen Achse (4) fixiert sind und im Separationszustand allein oder in einer Separations- oder Filtereinheit (18), ggf. zusammen mit weiteren Schutz- und Drainageelementen (8, 8') einen kompakten Spiralwickel (36) um diese Achse (4) bilden. Für die Regeneration können die Sternsegmente der Separations- oder Filtereinheiten (18) oder der Separationsmedien (7, 7'), durch Auf- oder Umwickeln des Spiralwickels, vereinzelt werden.

4) Das Separationselement ist ein Segmentstapel (37) der durch mehrere runde, rechteckige oder vieleckige, flächige oder dreidimensionalen Separations- oder Filtersegmenten (40), die geeignete Zuschnitten des Separationsmediums (7) enthalten, gebildet wird. Die Separations- oder Filtersegmenten-

te (40) sind fest mit einer Achse (4) oder der Drehachsenführungsachse (39) verbunden, die für die Konfigurationsänderung, die Medienzufuhr oder die Medienabfuhr notwendig sind. Für die Regeneration können die Separations- oder Filtersegmente (40), unter Beibehaltung der Verbindung zur Achse (4) bzw. der Drehführungsachse (39), vereinzelt werden.

Die Separations- oder Filtereinheiten (18) oder die Separations- oder Filtersegmente (40) können, je nach Anwendung, Separationsmedium oder Regenerationsmethode bzw. Regenerationsverfahren, verschieden aufgebaut sein. Sie sind die Grundeinheiten, aus denen die oben beschriebenen Wickel (1, 1'), Faltenpakete (28, 28'), Spiralwickel (36) und Segmentstapel (37) gebildet werden und enthalten immer die Separationsmedien (7, 7').

Einige erfindungsgemäße Varianten der oben beschriebenen Grundtypen werden an Hand von Abbildungen näher erläutert. Weiterhin werden in diesen Abbildungen Details dargestellt, die mit speziellen, in den Anwendungsbeispielen beschriebenen, Ausführungsformen und Verfahrensweisen bei der Separation und Regeneration, korrespondieren sowie Gehäuse- und Anlagenkonzepte für die erfindungsgemäßen Separationselemente skizziert.

Dabei zeigt

Abb. 1A einen Längsschnitt durch ein Separationsgehäuse mit Regenerationseinheiten, in dem ein erfindungsgemäßes Separationselement vom Typ 1 installiert ist,

Abb. 1B einen Horizontalschnitt durch das Separationsgehäuse von Abb. 1A, jedoch ohne Separationselement,

Abb. 2 einen Längsschnitt durch ein Separationsgehäuse mit einer Regenerationswanne und Regenerationseinheiten, in dem ein erfindungsgemäßes Separationselement vom Typ 1 installiert ist,

Abb. 3 und 4A einen Längsschnitt durch zwei erfindungsgemäße Separationselemente vom Typ 1,

Abb. 4B eine perspektivische Ansicht eines der Separationselemente aus Abb. 4A,

Abb. 5A bis 5C Querschnitte durch jeweils einen Wickel eines Separationselements vom Typ 1 und schematisierte Darstellungen zur Abscheidequalität,

Abb. 6A bis 6C Querschnitte durch schlauchförmige Separations- oder Filtereinheiten,

Abb. 7A einen Querschnitt durch eine Separations- oder Filtereinheit mit Lagen, die in den Randbereichen mit Dichtelementen versehen sind,

Abb. 7B eine perspektivische Ansicht eines Wickels eines Separationselements vom Typ 1 mit einer Separations- oder Filtereinheit gemäß Abb. 7A,

Abb. 8A einen Querschnitt durch eine Separations- oder Filtereinheit für ein Separationselement vom Typ 1,

Abb. 8B einen Querschnitt durch ein Separationselement vom Typ 1,

Abb. 8C einen Querschnitt durch eine Separations- oder Filtereinheit gemäß Abb. 8B,

Abb. 8D eine perspektivische Ansicht des Separationselements von 8B,

Abb. 9A eine perspektivische Ansicht eines Separationselements vom Typ 2 mit 3 Regenerationseinheiten,

Abb. 9B die Vergrößerung der gekennzeichneten Stelle aus Abb. 9A,

Abb. 9C den Längsschnitt durch ein Separationsele-

ment vom Typ 2, welches in einem Gehäuse installiert ist,

Abb. 10 den Längsschnitt durch ein Separationselement vom Typ 2,

Abb. 11A den Querschnitt durch ein Separationselement vom Typ 3,

Abb. 11B bis 11G schematische Darstellungen von Separationselementen und Bestandteilen von Separationselementen des Typs 3,

Abb. 12A bis 12D schematische Darstellungen zu Separationselementen des Typs 4,

Abb. 13 die perspektivische Darstellung eines Separationselements vom Typ 1, mit einem Standardfilterelement als Drehachse,

Abb. 14A eine bevorzugte Anordnung von drei Separationselementen des Typs 1,

Abb. 14B eine bevorzugte Anordnung von sechs Separationselementen des Typs 1,

Abb. 14C eine weitere bevorzugte Anordnung von sechs Separationselementen des Typs 1 und

Abb. 15 ein schematisches Flußdiagramm für eine Anlage, in der erfindungsgemäße Separationselemente betrieben werden können.

Abb. 1A ist der Längsschnitt durch ein Gehäuse (3), das mit einem erfindungsgemäßen, gewickelten Separationselement des Typs 1 und Regenerationseinheiten (2) bestückt ist. Abb. 1B ist der horizontale Schnitt durch dieses Gehäuse (3), jedoch ohne installiertes Separationselement.

Der größte Anteil der aus 2 Lagen bzw. Schichten (5, 5') bestehenden Separations- oder Filtereinheit (18) befindet sich im abgebildeten Zustand als Wickel (1) auf der Achse (4). Eine oder beide Lagen (5, 5') sind über die Achsenanbindung (13) mit der Achse (4) so verbunden, daß z. B. während der Regeneration das Umwickeln sicher erfolgen kann. Dasselbe gilt für den Wickelanteil (1'), der sich auf der Achse (4') befindet und über die Achsenanbindung (13') mit der Achse (4') verbunden ist. In dem abgebildeten Beispiel werden die beiden Lagen bzw. Schichten (5) und (5') der Separations- oder Filtereinheit (18) zusätzlich über Umlenkstäbe oder Umlenkrollen (14) zwischen den beiden Achsen (4, 4') vereinzelt.

Die Achsen (4) und (4') können manuell oder mit einem automatischen Antrieb über die Achsenanschlüsse (12) und (12') in beide Richtungen kontinuierlich oder schrittweise bewegt werden und sie erlauben bei Bedarf die Zufuhr oder das Abführen von Medium über die Achsenöffnungen (9) und (9'). Es ist auch möglich, daß die Achsenanschlüsse (12, 12') so ausgebildet werden, daß über sie Medium zu- oder abgeführt werden kann und sie somit die Funktion der Achsenöffnungen (9) und (9') übernehmen. Ein anwendungsspezifischer Medien-austausch, kann auch über die Gehäuseöffnungen (10), (11), (15) und (16) erfolgen. Die Öffnung (15) ist am höchsten Punkt angebracht, um eine vollkommene Entlüftung zu erlauben. Die Öffnung (16) befindet sich am tiefsten Punkt, um eine vollkommene Entleerung zu gewährleisten. Beide Effekte können durch eine geringe Schrägstellung des Gehäuses noch verbessert werden. Die Öffnung (11) korrespondiert mit einem Ringkanal (17), in dem z. B. Medium, daß über die Wickelstirn (19) eintritt und einzelne Lagen der Separationseinheit (18) überströmt, gesammelt, durch die Öffnung (11) abgeführt und gegebenenfalls über die Öffnung (10) rezirkuliert werden kann. Auf mögliche Strömungsvarianten und deren anwendungsbezogene Bedeutung wird später eingegangen.

Die zusätzliche Vereinzelung der beiden Lagen (5, 5'),

der durch den Umwickelvorgang vereinzelt Separations- oder Filtereinheit (18), über die Umlenkstäbe oder Umlenkrollen (14) erfolgt z. B. deshalb, weil in der Regenerationsphase beide Seiten der Lage oder Schicht (5), die z. B. ein Separationsmedium (7, 7') ist, mit den Regenerationseinheiten (2) wechselwirken sollen. Die Lage oder Schicht (5) ist z. B. ein Abstandshalter bzw. eine Drainage (8), die es erlaubt, daß Medium über die Stirnseiten (19) und (19') in die Wickel eindringen und mit der gesamten Fläche der Lage oder Schicht (5) in Kontakt kommen kann.

Abb. 1A entspricht der Anordnung während der Separation. Zur Regeneration wird der Wickel (1) durch drehen der Achse (4'), bezogen auf den Durchmesser, abgebaut, während sich der Wickel (1') auf der Achse (4') aufbaut. Während des Wickelvorgangs können beide Seiten der Lage oder Schicht (5) mit den Regenerationseinheiten (2), die z. B. Ultraschallrohrresonatoren sind, wechselwirken. Die sich über den wachsenden Durchmesser von Wickel (1') ergebenden Geschwindigkeitsveränderungen beim Wickelvorgang werden, soweit dies notwendig ist, über eine Steuerung des Antriebs, der auf den Achsenanschluß (12') wirkt, kompensiert. Hat der Durchmesser des Wickels (1') den ursprünglichen Durchmesser des Wickels (1) angenommen, so wird der Wickelvorgang in umgekehrter Richtung wiederholt oder es kann, bei hinreichender Regeneration sofort, ein neuer Separationsprozeß in Gang gesetzt werden.

Hat die Achse (4) z. B. einen Durchmesser von 40 mm, ist die Breite der Separations- oder Filtereinheit (18) 500 mm und die Dicke 4 mm, so ergibt sich im Ausgangszustand für den Wickel (1), bei 10 Umwicklungen, ein Durchmesser von 120, bei 14 Umwicklungen von 152 mm. Ist je die Hälfte der Fläche auf beiden Achsen (4, 4') aufgewickelt, so ist der Durchmesser der Wickel (1) und (1') jeweils 89 bzw. 111 mm. Sind beide Seiten der Lage oder Schicht (5) aktiv, so ergibt sich für 10 Umwicklungen eine Fläche von 2,5 m², für 14 Umwicklungen eine Fläche von 4,2 m² und eine mittlere Länge von 2,5 bzw. 4,2 m für die Bahnlänge. Die Zahl der Umwicklungen und die Dicke der Separations- oder Filtereinheit (18) bestimmen weiterhin den Längenversatz, der sich zwischen der innersten und äußersten Oberfläche einer ein- oder mehrlagigen Separations- oder Filtereinheit (18) ergibt. Um die Versatzeinflüsse möglichst gering zu halten, wird deshalb bevorzugt in Brillenform gewickelt (Abb. 3 und 4) und die Einzellagen (5, 5') zur Verarbeitung auf die optimale Länge geschnitten. Weitere Optimierungsmöglichkeiten ergeben sich über den Achsendurchmesser und die Zahl der Wickel.

Abb. 2 ist eine Variante von Abb. 1A. Die zusätzlich vereinzelt Lage (5') stellt hier das Separationsmedium (7, 7') dar, das in einer, im Gehäuse (3) eingebauten, Regenerationswanne (20) mit einem Regenerationsmedium (21) und oder mit den Reinigungseinheiten (2, 2') direkt in Wechselwirkung treten kann. Das Regenerationsmedium kann über die Anschlüsse (50, 50') erneuert oder ausgetauscht werden. In einem Gehäuse (3) kann die zu regenerierende Lage oder Schicht (5') mehrere solcher Regenerationswannen (20) durchlaufen und auch mit weiteren Regenerationseinheiten (2, 2' ...), in Wechselwirkung treten.

Anhand der Abb. 3 kann auf weitere Details zur Funktionsfähigkeit der erfindungsgemäßen Separationselemente eingegangen werden. Es sind zwei baugleiche Doppelwickel in Brillenform dargestellt, wobei sich die Separations- oder Filtereinheiten (18) aus-

schließlich auf den Achsen (4) befinden. In der dargestellten Variante ist ein Mediumaustausch nur über die Achsen (4) möglich. Die Achsen (4') dienen nur als Dreh- bzw. Vereinzelungsachsen. Der große Durchmesser der Achsen (4') bewirkt, daß die Geschwindigkeit der Separations- oder Filtereinheiten (18) bei konstanter Geschwindigkeit der Achsen (4') nur gering variiert. Die Anbindung an die Achsen (4') erfolgt nicht direkt über die Separations- oder Filtereinheiten (18) sondern über Anschlußbänder (23). Diese Anschlußbänder (23) können wesentlich länger als dargestellt sein und im separationszustand die äußersten Umwicklungen der Wickel (1) darstellen (siehe auch Abb. 5C) und zum Schutz der Separations- oder Filtereinheiten (18) dienen oder eine kompaktere Wickelung ermöglichen. Weitere mögliche Funktionen werden später beschrieben. Das Anschlußband (23) kann z. B. ein stabiles Gewebe, ein Spunbond-Vlies oder eine mediumdichte Folie sein. Weiterhin kann es ganzflächig oder fensterartig durchbrochen sein, so daß z. B. in dem dargestellten Zustand die Regenerationseinheit (2) zur Regeneration des oberen Doppelwickels durch das Anschlußband (23) hindurchgeschoben oder durch die Durchbrechungen bzw. das Fenster hindurch wirksam werden kann.

In Abb. 4A sind zwei baugleiche Doppelwickel mit je einem Wickel (1, 1') im Querschnitt, in Abb. 4B ist ein entsprechender Doppelwickel perspektivisch dargestellt. Dabei sind beide Wickeldurchmesser gleich. Über beide Achsen (4, 4') kann z. B. Medium abgeführt werden. Die Anschlußbänder (23) verbinden in diesem Fall die beiden Wickel (1, 1') miteinander. In diesem und in den folgenden Beispielen, können die Anschlußbänder (23) identisch mit den Separations- oder Filtereinheiten (18) sein oder sie sind ein Bestandteil bzw. eine oder mehrere Lagen von (18). In den Abb. 4A und 4B ist ein separationszustand dargestellt, wie er bei Wickelkerzen des Standes der Technik üblich ist, deren nicht miteinander verbundene Wickel (1, 1') bei der statischen Filtration vom Wickelumfang senkrecht zur Wickelachse (4, 4'), vom dem zu behandelnden Medium, durchströmt werden. Während der Regenerationsphase, der in Abb. 4A und 4B dargestellten erfindungsgemäßen Separationselemente, können durch Umwickeln die Separations- oder Filtereinheiten (18) vereinzelt werden und beide Seiten von (18) mit der Regenerationseinheit (2), z. B. einer Ultraschallquelle, wechselwirken. Diese Wechselwirkung erfolgt für die Außenseiten der Separations- oder Filtereinheiten (18') auf den Wickelachsen (4, 4'), während sie für die Innenseiten (18'') im freien Bereich erfolgt, der in der Abb. 4A (Separationszustand) von dem vereinzelt Anteil der Innenseite (23) der Anschlußbänder (23) definiert wird. Die Regeneration erfolgt, indem zunächst die gesamte Filtereinheit, je eines Doppelwickels, vollständig auf eine Achse (4) und dann auf die andere Achse (4') oder umgekehrt und schließlich in die dargestellte Ausgangsposition gewickelt wird. Dieser Vorgang kann für beide Doppelwickel gleichzeitig oder nacheinander ablaufen.

In den Abb. 5A, 5B und 5C ist der Aufbau je eines Wickels (1), der in Abb. 4 dargestellten und oben beschriebenen Doppelwickel, vergrößert und die Abstufung in der Abscheidequalität des Separations- oder Filtermediums (18), vom Außenumfang zur Achse (4), schematisch dargestellt. Dabei besteht in Abb. 5A die Separations- oder Filtereinheit (18) aus einer Lage oder Schicht, die im gesamten Wickel (1) dieselbe Abscheidequalität besitzt, während in Abb. 5B die Abscheidequalität der einlagigen Separations- oder Filtereinheit (18)

zur Achse (4) hin immer schärfer wird. Bei einer Strömungsrichtung von der Achse (4) zum Wickelumfang wären die Verhältnisse umgekehrt. Letzteres entspricht z. B. der Fluxrichtung in vielen Koaleszern. Die Abstufung in der Separations- oder Filtereinheit (18) kann durch spezielle Fertigungstechniken oder z. B. durch Verschweißen von Filterbahnen bzw. Bahnen von Separationsmedien (7, 7') mit unterschiedlicher Abscheidungsqualität erreicht werden.

In der Abb. 5c ist eine Variante dargestellt, in der das Verbindungsband (23) eine gewebeartige Struktur hat und zusammen mit der Separations- oder Filtereinheit (18) den Wickel (1) bildet. Das Verbindungsband (23) wirkt im Wickel als Spacer bzw. Drainage (8), so daß der Fluß des zu behandelnden Mediums, sowohl radial als auch tangential erfolgen kann.

In der Abb. 5C ist dabei die Separations- oder Filtereinheit (18) einlagig mit zunehmender Abscheideschärfe dargestellt. In bevorzugten Ausführungsformen ist die Separations- oder Filtereinheit (18) schlauchförmig ausgebildet, was eine andere Achsenanbindung erfordert. Varianten sind in den Abb. 6A, 6B und 6C dargestellt.

In Abb. 6A wird die Schlauchform dadurch erreicht, daß das Flachmaterial des Separationsmediums (7) über eine Kante gefaltet wird und die beiden offenen Kanten über eine Dichtzone (24) aus z. B. einem flexiblen Dicht- oder Klebstoff, wie Silikon oder Polyurethan, miteinander verbunden sind. In Abb. 6B gibt es zwei solcher Dichtzonen (24). In Abb. 6C wird die Dichtzone (24) durch Verschweißen der Kanten des Separationsmediums (7) erzeugt. In Abb. 6A besteht die Separations- oder Filtereinheit (18) aus dem Separationsmedium (7) und der Innendrainage (8'), deren drainierende Wirkung durch Drainagespacer (6) zusätzlich verbessert wird. Die Innendrainage (8') in Abb. 6B wird durch Gewebe oder Vliese mit offener Struktur gebildet. In Abb. 6C sind als Innendrainage (8') poröse oder gelochte, flexible Schläuche oder Hohlfasern dargestellt. Zur Separations- oder Filtereinheit (18) gehört eine Außendrainage (8), die fest mit einer Seite des Schlauches, der aus dem Separationsmedium (7) gebildet wird, verbunden ist oder lose auf diesem aufliegt und auf beiden Seiten, bezogen auf die Breite, über den Separationsmediumschlauch (7) hinaussteht.

Eine weitere Variante, Schläuche aus Separationsmedien (7) zu erzeugen, ist in der Abb. 7A dargestellt. Der Separationsschlauch und damit die Trennung von Medienräumen wird hier durch das Zusammenpressen der Zonen mit Dichtelementen (25) verschiedener Flachmedien erzeugt. Das Zusammenpressen erfolgt durch den Wickelvorgang bzw. den dadurch erzeugten Druck in den Wickeln (1, 1'), während bei der Umwicklung zur Regeneration einzelne Schichten zusätzlich vereinzelt werden können. Abb. 7B zeigt eine perspektivische Ansicht eines Wickels (1) zur Verdeutlichung der Lagenfolge. Auf die Darstellung von Dichtelementen wurde dabei verzichtet.

Wie in den Abb. 7 gezeigt, besteht die Separations- oder Filtereinheit (18) aus 6 Lagen, dabei sind die Lagen (8) und (8') ohne Dichtelemente (25) die Außen- und die Innendrainage. Letztere ist in der Breite gekürzt, damit eine Randabdichtung der Lagen (7) über die Dichtelemente (25) möglich ist. Die Lagen oder Schichten (5) sind z. B. Vorfiltermaterialien, während die Lagen (7) das Hauptseparationsmedium darstellen. Letztere sind an den Rändern beidseitig mit Dichtelementen (25) versehen, die Schichten (5) einseitig.

Im Separationszustand liegt z. B. eine Konfiguration

wie in Abb. 3 vor, wobei die Achse (4') auch für die Medienabfuhr oder -zufuhr geeignet ist. Das Anschlußband (23) ist ein Schlauch vom Typ Abb. 6A, wobei die Schicht (7) nicht ein Separationsmedium, sondern eine fluiddichte Folie ist. Zur Gewährleistung der sicheren Abdichtung der Schichten der Separations- oder Filtereinheit (18) durch die Dichtelemente (25), bildet dieses Anschlußband (23) die äußeren Wickelschichten des Wickels (1). Aus der Abb. 7B ist ersichtlich, daß bei dieser Wickelvariante während des Separationsvorganges der aus den Schichten (5) und (7) gebildete Schlauch sowohl innen und außen von dem zu behandelnden Medium überströmt werden kann. Geschieht beides gleichzeitig, so wird der Vorgang als Dialyse bezeichnet. Bei einer einseitigen Überströmung, mit dem Ziel der Selbstreinigung bzw. Verhinderung einer Deckschichtbildung, spricht man vom Cross-Flow-Verfahren.

Bilden die Schichten (7) des Wickels (1) in der Abb. 7B einen permanent abgedichteten Schlauch der Art, wie er in Abbildung 6B dargestellt ist, so sind die oben beschriebenen Überströmungsvarianten sowohl im Separationszustand, als auch im Regenerationszustand möglich.

In den Abb. 8 ist eine weitere Wickelvariante für erfindungsgemäßen Separationselemente des Typs 1 dargestellt. Dabei sind Lagen einer Separations- bzw. Filtereinheit (18) in den Randbereichen sowohl mit undurchlässigen Dichtelementen (25), als auch mit z. B. durch Kanäle durchlässigen Dichtelementen bzw. Ausgleichselementen (2E) versehen. Im gewickelten Zustand ist dann ein statischer Medienfluß, wie er in den Abb. 8A, 8B und 8C skizziert ist, möglich. Abb. 8D zeigt eine perspektivische Ansicht eines solchen erfindungsgemäßen Separationselements. Die Achsen (4) und (4') sind bei dieser Variante ausschließlich Dreh- bzw. Vereinzelungsachsen. Das Anschlußband (23) ist bevorzugt eine dichte Folie, die auch die äußersten Wickelschichten des Wickels (1) bildet. Wie in Abb. 8A dargestellt, muß die innerste Lage der Drainage (8) gegen die Achse (4) abgedichtet sein. Die Medienzufuhr erfolgt über die Wickelstirn (19), die Medienabfuhr, nach Durchströmung des Separationsmediums (7, 7'), über die Wickelstirn (19'). In der Abbildung 8B ist angedeutet wie die Medienräume durch Abdichtung der Wickelstirn (19') im separationszustand, mittels eines bei der Abdichtung beteiligten Ringkanals (17), getrennt werden können. Abb. 8C zeigt in Vergrößerung einen Ausschnitt aus der Abb. 8B. Die Separationseinheit (18) besteht hierbei aus einem Separationsmedium (7) mit undurchlässigen und durchlässigen Dichtelementen (25) bzw. (26), in die Drainagelagen (8) und (8') integriert sind und einer medien-dichten Folie (5), die beidseitig an den Randzonen mit undurchlässigen Dichtelementen (25) versehen ist. Der Vorteil dieser Wickelvariante liegt unter anderem darin, daß die Drainagewege kurz gehalten werden können.

In den Abb. 9 wird ein erfindungsgemäßes Separationselement des Typs 2 gezeigt, bei dem die Separationseinheit (18) leporelloartig zu einem Faltenpaket (28) gefaltet ist. Beim Entfaltungs- bzw. Regenerationsvorgang kommt es zur Wechselwirkung mit den Regenerationseinheiten (2), (2') und (2''). Abb. 9B ist eine Vergrößerung des in Abb. 9A gekennzeichneten Ausschnittes im Randbereich des Faltenpakets (28). Im zusammengepreßten Zustand werden die Dichtelemente (25) gegeneinander gedrückt und die Medienräume über die Separations- oder Filtereinheit (18) getrennt. Abb. 9C korrespondiert mit dem Anwendungsbeispiel 8 und wird dort näher beschrieben.

In der Abb. 10 ist ein weiteres erfindungsgemäßes Separationselement des Typs 2 dargestellt. Dabei ist die Separations- oder Filtereinheit (18) balgartig auf der Achse (4) aufgefädelt. Eine Seite des Balgs ist leckdicht mit einer fixierten Endkappe (29) verbunden, die andere Seite mit einer beweglichen Endkappe (30), die durch das Achsenabdichtmedium (31) mit der Achse (4) so zusammenwirkt, daß sowohl während des Separationsvorganges, als auch während der Regeneration eine strikte Trennung der Medienräume möglich ist. In der Abb. 10 ist durch Pfeile angedeutet, welche Bewegungen der Regenerationseinheit (2), der beweglichen Endkappe (30) und der Achse (4) möglich sind, um den Balg in eine regenerationskonforme Konfiguration zu bringen. Die Separation- oder Filtereinheit (18) besteht z. B. aus zwei Spunbond-Vliesen, die ein Meltblown-Vlies sandwichartig umgeben.

Die Abb. 11 zeigen erfindungsgemäße Separationselemente des Typs 3. Dabei ist in Abb. 11A der Spiralwickel (36) eines Separationselementes, das aus drei spiralförmig aufgewickelten Separations- oder Filtereinheiten (18) besteht, abgebildet. Die Separations- oder Filtereinheiten (18) enthalten z. B. abwechselnd Drainageschichten (8) und Lagen mit dem Separationsmedium (7) in Schlauchform (vergl. Abb. 11B, 11C und 11D). Die Separationsmedien (7) können crossflowartig überströmt werden. Das Unfiltrat, bzw. rezirkulierte Konzentrat, tritt über die Gehäuseöffnung (10) ein, überströmt die Separations- oder Filtereinheit (18) im Spiralwickel (36) und verläßt das Gehäuse (3) über die Konzentratachsenöffnung (49). Die Filtrate werden in Achsen (4) gesammelt, die mit ihrer Achsenöffnung (9) auf einem Achsenanschluß (12) befestigt sind, über dessen Achsenöffnung (9) das gesammelte Filtrat abfließen kann. Der Achsenanschluß (12) mit der Achsenöffnung (9) ist nicht abgebildet.

In der Abb. 11B ist ein Separationselement des Typs 3 mit vereinzelt Filtereinheiten (18) dargestellt. Zwischen den Filterschläuchen des Separationsmediums (7), in die Innendrainagen (8') integriert sind, sind Außendrainagen (8) angeordnet, die an die Konzentratachse (32) fixiert sind. Es sind zwei Varianten der Achsenanbindung (13, 13') an die Achsen (4) dargestellt.

In der Abb. 11C sind Separationsmedien (7) in Schlauchform und ihre Achsenanbindung (13, 13') an die Achse (4) vergrößert sowie die Seitenansicht dieser fadenähnlichen Anordnung in schematischer Form dargestellt.

In Abb. 11E sind zwei Möglichkeiten der Vereinzelung der Schichten eines Spiralwickels (36) skizziert. Hierzu ist eine der Außendrainagen (8), die an Achsen (4') fixiert sind, zu einem langen Wickelband (34) verlängert. Die Länge entspricht mindestens 2 mal dem Wickelumfang im Separationszustand. Das Wickelband (34) ist fest mit der Fixierungsschse (33) verbunden. Soll das Separationselement aus dem Regenerationszustand in den Separationszustand übergeführt werden, so kann die Formung des kompakten Spiralwickels (36) dadurch bewirkt bzw. erreicht werden, daß sich die Achsen (4) und (4'), die mit dem Achsenanschluß (12) verbunden sind, gemeinsam eine Drehbewegung durchführen oder die Fixierachse (33) in einer Führungsspur (35) in entgegengesetzter Richtung bewegt wird. Auch ist eine gleichzeitige Bewegung. Die Vereinzelung erfolgt durch Umkehr der Bewegungsrichtung. Im Gehäuse (3) sind weiterhin 4 Regenerationseinheiten (2) positioniert.

Abb. 11F ist eine Variante von Abb. 11D. Hier kann z. B. die Vereinzelung oder das Aufwickeln über 4, in der

Führungsspur (35) individuell bewegbaren, Fixierungsschsen (33), die mit je einem Wickelband (34) verbunden sind, erfolgen. Können sich auch noch die Regenerationseinheiten (2) in den durch Pfeile angedeuteten Richtungen bewegen, so ergibt sich eine hohe Variabilität für die Regenerationsphase.

Eine weitere Variante der Vereinzelung ist in Abb. 11G dargestellt. Das Separationsmedium (7) sind z. B. Fasern, poröse Fasern oder Hohlfasern, die durch Oberflächenmodifikation als spezifische Adsorber einsetzbar sind. Die verkürzt gezeichneten Fasern sind an der Achse (4) fixiert. Das zu behandelnde Medium tritt über die Gehäuseöffnung (10) in das Gehäuse (3) ein und die Achsenöffnung (9) aus. Für die Separation ist es dabei von Vorteil, wenn das zu behandelnde Medium einen kompakten Spiralwickel (36) durchströmt. Für die Elution und die Regeneration hingegen sollen die Fasern bzw. Hohlfasern frei mit viel Elutionsmedium und Regenerationsmedium (21) in Kontakt sein. Die Regeneration wird ggf. durch eine zusätzliche Regenerationseinheit (2) unterstützt. Zur Bildung des Spiralwickels (36) dreht sich Achse (4) in der angegebenen Richtung, während sich das mediumdurchlässige Vereinzelungsblech (27) in der Führungsspur (35) auf die Achse (4) zubewegt. Eine weitere nicht dargestellte Variante ist es, zwei oder mehr angepaßte, bewegliche und mediumdichte Vereinzelungsbleche (27) einzusetzen, die im Separationszustand einen dichten, inneren Gehäusezylinder bilden. Auf diese Weise kann der Adsorptionsvorgang mit wesentlich weniger Volumen, des zu behandelnden Mediums, erfolgen.

In den Abb. 12 sind erfindungsgemäße Separationselemente des Typs 4 dargestellt. Dabei zeigt die Abb. 12A Separations- oder Filtersegmente (40), die an einer Drehachsenführungs- und Mediumsammelachse (39) über die Achsenanschlüsse (12) fixiert sind. Die Separations- oder Filtersegmente (40) bestehen z. B. aus den Separationsmedien (7), die auf einen Trägerrahmen (38) aufgeklebt oder aufgeschweißt sind. Die Separations- oder Filtersegmente (40) bilden zusammen mit den Achsenanschlüssen (12) und der Drehachsenführungs- und Mediumsammelachse (39) einen Segmentstapel (37). In Abb. 12B ist schematisch dargestellt, wie ein Separations- oder Filtersegment (40) zur Regeneration aus dem Segmentstapel (37) ausgelenkt werden kann. Abb. 12C zeigt in Vergrößerung die Verbindung des Achsenanschlusses (12) und der Drehachsenführungs- und Mediumsammelachse (39). Abb. 12D stellt eine weitere Variante eines Segmentstapels (37) dar, wobei die Drehachse (4) ein flexibler Schlauch ist, der gleichzeitig die Funktion der Mediumsammelachse übernimmt und ohne Lösung von Fixierungen um 45 bis 180 Grad drehbar ist. Die möglichen Bewegungen einer Regenerationseinheit (2), während der Regenerationsphase, sind mit Pfeilen skizziert.

Als Separationsmaterialien kommen fadenförmige, faserförmige, flächige, hohlfaserförmige, schlauchförmige oder rohrförmige, oberflächenaktive und oder poröse Stoffen aus der Gruppe der Feinstfasern, Spunbond-Vliese, trocken und naßgelegten Papiere und Vliese, Splitfaser-Vliese, Feinstfaser-Vliese und -Papiere, Mikrofilter, Ultrafilter, Reverse Osmose Membranen, Pervaporations-Membranen und Folien in Frage, an die, in denen oder zwischen denen adsorptiv, katalytisch, biokatalytisch, über ein Zetapotential oder durch Elektretcharakter wirkende Stoffe oder zum Ionenaustausch fähige funktionelle Gruppen oder Medien gebunden, fixiert oder eingelagert sein können.

In den erfindungsgemäßen Separationselementen (Typ 1 bis 4) können diese Separationsmaterialien in einem Separationsmedium (7) allein wirken oder miteinander kombiniert werden. So lassen sich z. B. Hohlfasern mit hydrophoben und hydrophilen Charakter nebeneinander an einer Achse (4, 4') fixieren oder flächige Separationsmaterialien der Feinfiltration mit integrierten, adsorptiv wirkenden Stoffen (Kieselgur, Aktivkohle, metallische oder biologische Katalysatoren ...), mit hohlfaserförmigen oder flächigen Mikrofiltermembranen kombinieren.

Es gibt eine Reihe von normalerweise nicht immobilisierten Separationsmitteln, die häufig als Pulver, Granulat, Kugelschüttung oder dergleichen vorliegen. Beispiele sind, Aktivkohle, Molekularsiebe, Ionenaustauscherharze, Chromatographiemedien usw. Die Regeneration dieser Separationsmittel erfordert in der Regel eine spezifische Wechselwirkung mit Regenerationseinheiten (2) und oder Regenerationsmedien (21), was in nicht immobilisierter Form meist nur sehr aufwendig durchzuführen ist. Aktivkohle und Molekularsiebe lassen sich z. B. durch Ausheizen regenerieren. Die Regeneration von Molekularsieben (Trockenmittel) z. B. mittels Mikrowelle ist u. a. dadurch erschwert, daß aus dicken, geschütteten Schichten der Wasserdampf schwer ausgetrieben werden kann oder es ergeben sich bei geschütteter Aktivkohle (Adsorption von Geruchs- und Schadstoffen) Probleme bei der Wärmeleitung. Mit z. B. flächigen Schichten oder faden- bzw. faserartige Gebilden, an die, in denen oder zwischen denen adsorptive Medien immobilisiert sind oder die selbst die Adsorptionsfunktion haben, ergibt sich, in Verbindung mit den erfindungsgemäßen Separationselementen und dafür geeigneten Regenerationsmethoden, ebenfalls ein erhebliches Verbesserungspotential und eine größere Anwendungsbreite.

Enthält eine Separations- oder Filtereinheit (18) mehrere Schichten eines oder verschiedener Separationsmedien (7, 7') so erlauben bevorzugte, erfindungsgemäße Ausführungsformen, daß die Separationsmedien (7, 7') zur Regeneration getrennt und mit einer lagenspezifischen Regenerationsmethode regeneriert werden können.

Separationselemente der erfindungsgemäßen Art können für zahlreiche Anwendungen im Bereich der Haushaltstechnik, Pharmazie, Atomtechnologie, Biotechnologie, Lebensmitteltechnologie, Halbleitertechnologie, Umwelttechnik, chemischen Industrie und anderen Gebieten (Schiffe, Insellagen usw.) vorteilhaft eingesetzt werden.

Dabei ist es unerheblich, ob es sich um gasförmige oder flüssige Medien handelt, solange eine mehrfache Regeneration wirtschaftliche, umweltrelevante oder andere Vorteile bietet. Die erfindungsgemäßen Separationselemente können spezifisch auf das jeweilige Separations- und oder Regenerationsproblem abgestimmt bzw. dafür angepaßt oder optimiert werden.

Insbesondere erlauben es die erfindungsgemäßen Separationselemente auch, daß bereits etablierte Anwendungen für Feinfilter, Mikrofilter, Ultrafilter und Reverse Osmose Filter, durch die mehrfache Einsetzbarkeit, wirtschaftlicher werden und die heute im hohen Maß anfallende Zahl an verblockten Separationselementen entscheidend reduziert werden kann.

Im Bereich der Feinfiltration für Gase werden z. B. in Belüftungsanlagen für Gebäude oder KFZ-Innenräumen, Filtermedien mit Elektretcharakter eingesetzt, die in der Regel aus gespleisten Folien (Splitfiber), aus in

einem elektrischen Feld aus einer Polymerlösung gesponnenen Fasern oder nach dem sog. Meltblown-Verfahren und Meltspinning-Verfahren erzeugt werden. Diese Art von Filter haben eine hohe Rückhalteeffizienz, weil in den Fasern elektrische Ladungen "eingefroren" sind, welche elektrische Felder erzeugen, die die Filtereffizienz entscheidend verbessern. Da die Permanenz der Ladung, aber durch lange und hohe Temperatureinwirkung, Feuchtigkeitsschwankungen, Wechselwirkung mit Lösungsmitteldämpfen oder dergleichen beeinträchtigt werden kann, wäre eine regelmäßige Ladaungsauffrischung (Regeneration) von Vorteil. Dies erfordert aber die direkte Wechselwirkung mit einer Korona. Die erfindungsgemäßen Separationselemente erlauben eine solche Wechselwirkung. Mit dem Auffrischungsvorgang kann z. B. eine Abreinigung (ggf. nach vorheriger, vollkommener Entladung) der zurückgehaltenen Stoffe und oder eine Sterilisation gekoppelt werden (vergleiche Anwendungsbeispiel 8).

Bei der Feinfiltration von Flüssigkeiten (Getränke, Brauchwasser, Chemikalien, Kosmetika, pharmazeutische Produkte usw.) finden heute Wickelkerzen aus Meltblown-Vliesen zunehmend an Bedeutung. Dabei ist die Wickelbahn häufig so aufgebaut, daß sie kontinuierlich oder abschnittsweise unterschiedliche Abscheidequalität hat (von grob nach fein oder umgekehrt, aber auch von grob nach fein, nach grob). Im Wickel mit 40 bis 80 Wickelschichten liegen meist mehrere Schichten gleicher oder ähnlicher Abscheidequalität übereinander. Verblockt nur eine der Schichten irreversibel, so muß bei den bekannten Systemen das Filterelement verworfen werden. Wie vorne beschrieben wurde, resultieren daraus, z. B. bei Filterelementen, die in Kernkraftwerken eingesetzt wurden, erhebliche Entsorgungsprobleme. Die erfindungsgemäßen Separationselemente erlauben es, durch geeignete Vorrichtungen (z. B. Durchflußmessung) den verblockten Bereich zu identifizieren und z. B. mittels Ultraschall zu reinigen bzw. zu regenerieren. Eine besondere Art der Regeneration wäre die verblockte Wickelschicht, weil sie anders nicht mehr reinigbar ist, zu lochen oder zu perforieren, wenn mit den übrigen Schichten zumindest vorübergehend eine Funktionsfähigkeit erhalten bleibt (vergleiche Anwendungsbeispiel 3).

Die Kaltsterilisation mit Mikrofiltern ist bei der Herstellung von Pharmazeutika und Lebensmitteln und insbesondere auch bei Getränken, wie Wein oder Mineralwasser Stand der Technik, während z. B. die Anwendung bei Bier noch nicht wirtschaftlich ist. Dies insbesondere dann, wenn das Bier nach dem Deutschen Reinheitsgebot gebraut wurde und die zur Sterilisation optimale Porengröße von 0,45 µm verwendet wird. Die erfindungsgemäßen Separationselemente erlauben auch hier eine wirtschaftlichere und breitere Anwendung (vergleiche Anwendungsbeispiel 1).

Dabei ist zu berücksichtigen, daß z. B. die Reinigungswirkung auch von dem Mikrofiltermaterial abhängt. Besonders bewährt haben sich für obige Anwendungen hydrophile Membranen (naturhydrophil oder nachträglich hydrophilisiert) mit niedriger Adsorptionsneigung sowie ausgezeichneter chemischer und physikalischer Stabilität. Von den am Markt verfügbaren Mikrofilter, erfüllen z. B. modifizierte Membranen aus Polyvinylidendifluorid (PVDF) diese Anforderungen sehr gut. Mit dem Reinigungsvorgang (Regeneration) kann auch eine Auffrischung (Regeneration) der Hydrophilie der Membranoberfläche gekoppelt werden.

In diesem Zusammenhang sei auch darauf hingewie-

sen, daß verblockte Membranoberflächen häufig deshalb nicht gereinigt werden können, weil die Verblockungsschichten denaturierbare, d. h. eiweißhaltige Stoffe enthalten. Naturstoffsuspensionen oder biotechnologische Medien bzw. Medien, die bei Fermentationsprozessen, wie der Gärung anfallen, enthalten diese Stoffe oft in größeren Mengen. Da die Denaturierung dieser Stoffe bei den bekannten Systemen nicht gezielt erfolgen kann, bewirken heute angewandte Reinigungsverfahren (Heißwasserspülung, Einsatz von Chemikalien usw.) häufig, daß diese Verunreinigungen in der Filtermatrix denaturiert werden und somit die endgültige, irreversible Verblockung bewirken. Die erfindungsgemäßen Separationselemente lassen es zu, daß diese Abscheidungen z. B. durch Erwärmung, pH-Änderung oder Trocknung gezielt denaturiert und in eine für die Abreinigung ideale Konsistenz übergeführt werden können. Für die Abreinigung so vorbereiteter Verblockungsschichten hat sich eine Ultraschallbehandlung als besonders vorteilhaft erwiesen, wobei es von entscheidender Bedeutung ist, daß eine direkte Wechselwirkung zwischen der Ultraschalleinheit und der Membranoberfläche möglich ist. Bei den erfindungsgemäßen Separationselementen ist diese direkte Wechselwirkung, durch die mögliche Konfigurationsänderung, mit jedem Abschnitt der Membranoberfläche gegeben.

Ein breites Anwendungsgebiet ist heute auch die Aufarbeitung von Milch oder Molke mit Ultra- und Mikrofiltern. Das dabei beobachtete irreversible Membranfouling läßt sich ähnlich wie bei der Trinkwassergewinnung mittels Reverse Osmose Membranen oder bei der Entalkoholisierung von Bier und anderen alkoholischen Getränken mittels Pervaporationsmembranen, durch eine spezifische Wechselwirkung zwischen der Membranoberfläche und Regenerationseinheiten und oder Regenerationsmedien, wie sie die erfindungsgemäßen Separationselemente erlauben, verhindern bzw. entscheidend verzögern (vergleiche Anwendungsbeispiel 5).

Die Art oder Qualität Achsenanbindung (13, 13') des Separationsmediums (7), der Separations- oder Filtereinheit (18), eines Separations- oder Filtersegmentes (40) oder eines Anschlußbandes (23) an eine Achse (4, 4', 39) oder Vereinzelungsvorrichtung, hängt von der jeweiligen Funktion der Vorrichtung und der Notwendigkeit der absoluten Trennung von Medienräumen ab. Das Separationsmedium (7, 7') oder die Separations- oder Filtereinheit (18) kann z. B. angeklebt oder angeklemt sein. Die Achsen (4, 4') können z. B. von einem Separationsmedium (7) gemeinsam mit Drainage- und Schutzelementen (8, 8') umschlungen werden. Ist die Achse (4, 4') gelocht und für die Medienabfuhr oder Medienzufuhr geeignet, so kann oder müssen die umschlingenden Schichten am oberen und unteren Ende der Achse (4, 4') mit Dichtmedien oder durch Verschweißung abgedichtet werden. Auch kann die Achse (4, 4', 39) Anschlüsse haben, die mit den Achsenanbindungen (13, 13') korrespondieren. Eine weitere Variante ist, daß sich die Anschlüsse nicht direkt an der Achse (4, 4') befinden, sondern an diese als Übergangsstück oder Anschlußband (23) ein mediumdichter Beutel oder Schlauch leckdicht befestigt ist, der am anderen Ende einen oder mehrere Verbindungsstücke oder Anschlüsse für die Achsenanbindung (13, 13') hat. Diese wird z. B. von flexiblen Schläuchen gebildet, über die auch Medium zu- oder abgeführt werden kann.

Bei spezifischen Ausführungsformen von Separationselementen des Typs 1 und 3, ist die Achse (4) oder (4') eine, dem Stand der Technik entsprechende, plissier-

te, gewickelte oder gestapelte Filterkerze oder eine Hohlfilterkerze. In Abb. 13 ist diese Variante perspektivisch dargestellt. Bei Mikrofiltern kann z. B. die Abscheidequalität dieser Kerze gleich, grober oder feiner sein, wie die der damit verbundenen Separations- oder Filtereinheit (18). Die Notwendigkeit oder Vorteilhaftigkeit für einen solchen Aufbau ist mit Sicherheitsaspekten (Doppelfiltration) und einer sichereren Integritätsprüfung (bessere Prüfbarkeit des Achsenfilters auf Grund der Abdichtung, der permanenten Hydrophilie, der kleineren Fläche usw.) begründbar. Aus Abbildung 13 ist weiterhin zu entnehmen, daß die Kerze bzw. Achse (4), bis auf die Zone der Achsenanbindung (13), geschlossen sein muß, damit sie nur mit vorsepariertem oder vorfiltriertem Medium in Kontakt kommt. Hierzu muß die Kerzenummantelung (41) z. B. eine mediumdichte Folie bzw. ein mediumdichter Beutel oder ein mediumdichtes Gehäusestück sein.

In den erfindungsgemäßen Separationselementen vom Typ 1 bis 4 können die Separationsmedien (7, 7') anwendungsbezogen oder konfigurationsbedingt mit Schutz- oder Drainageelementen (8, 8') versehen oder kombiniert werden, die natürlich die Konfigurationsänderung nicht behindern dürfen und im Optimalfall die Konfigurationsänderung erleichtern. Schutzelemente dienen unter anderem dazu, mechanische Verletzungen des Separationsmediums (7) zu verhindern. Diese können durch direkte Berührung oder durch Vibrationen, Pulsationen, Druckschläge, Druckruckschläge usw. erfolgen. Solche Schutzelemente sind z. B. Spunbond- oder andere Vliese, Kunststoffgewebe (gewoben oder extrudiert), Folien, Drahtgewebe oder dergleichen, die in Anpassung an die Anwendung geprägt, rilliert, genoppt, gelocht, verstärkt, strukturiert usw. sein können. Häufig dienen diese Schutzelemente zumindest auf einer Seite des Separationsmediums (7, 7') gleichzeitig als Drainageelement (8, 8').

Drainageelemente (8, 8') sorgen dafür, daß das zu behandelnde Medium in geeigneter Weise den Separationsmedien (7, 7') zugeführt oder an ihnen vorbeigeführt (Überströmung) wird, das es gezielt durchströmt wird und bei einem Filtrationsvorgang das Filtrat optimal abgeführt werden kann.

Als Drainageelemente (8, 8') für Überströmungszwecke haben sich für die erfindungsgemäßen Separationselemente besonders permanent, wellblechförmig geformte Flachmedien bewährt, die mediendurch- oder medienundurchlässig sein können. Sehr vorteilhaft ist es, wenn die Oberfläche noch eine Krepstruktur besitzt. Erzeugt werden können solche Drainagen z. B. durch Rillieren von entsprechenden Folien, Vliesen oder Geweben, wobei diese ggf. vor der Rillierung mit Imprägniermitteln behandelt werden, die nach der Rillierung aushärten und die Stabilität der Struktur gewährleisten. Diese Überströmdrainagen sind auch ausgezeichnete Drainagen zur Filtratabfuhr. Je nach Konstruktion des Separationselementes müssen Medien auf relativ langen Wegen (größer 30 cm) zu- oder abgeführt werden. Im Extremfall müssen die dazu geeigneten Drainagen auch kompakt wickel- oder faltbar sein, um die erfindungsgemäßen Konfigurationsänderungen durchführen zu können. Die oben beschriebenen wellblechartigen Drainagen müssen für eine solche Verwendung dann so flexibel sein, daß sie über die Wellenberge wickel- oder faltbar sind. Letzteres wird dadurch gefördert, daß in definierten Abständen die Wellenberge durch quergeprägte Falten faltbar werden, ohne das der Medienfluß gestört wird. Soll z. B. die Wicklung parallel zu den Wel-

lenbergen und die Medienabfuhr senkrecht dazu erfolgen, so sollten auch mediendurchlässige, wellblechartige Strukturen bevorzugt gelocht sein, um den Widerstand für das Medium zu minimieren. Für eine gezielte Zu- oder Abfuhr des zu behandelnden Mediums, können entlang der Lochung auch gelochte oder anders perforierte Schläuche eingebracht werden.

Weitere bevorzugte Drainagen (8, 8') für die erfindungsgemäßen Separationselemente sind gelochte oder anders perforierte Schläuche oder Schlauchbänder oder Folien, Gewebe, Vliese und andere Flachbahnen mit stabilen Strukturen, die eine Medienabfuhr oder -zufuhr entlang der gesamten Bahn gewährleisten und senkrecht zu diesem Weg auch gewickelt oder gefaltet werden können. Solche Strukturen können spurartige Verdichtungen (z. B. durch thermische oder Ultraschallschweißung) des Drainagematerials sein oder durch ganzflächige Ausstanzungen bzw. Aussparungen oder das Aufbringen von Abstandshalter bzw. Drainagespacern (6) in Fluxrichtung erzeugt werden. Die Abstandshalter oder Drainagespacer (6) können auch versetzt angeordnet werden. Spezielle Ausführungsformen sind Flachmedien, die ein- oder beidseitig runde oder rechteckige Noppen tragen oder Flachmedien, in die in Fluxrichtung schnur- oder bandartige Medien als Abstandshalter oder perforierte Schläuche als drainierende Sammelkanäle eingeflochten werden.

Für einige Anwendungen hat sich der Einsatz von Flachmedien mit offener Schaumstruktur als Drainagen (8, 8') als vorteilhaft erwiesen, wobei die Schaumstruktur so stabil sein muß, daß sie unter Betriebsbedingungen nicht kollabiert und so offen sein muß, daß ein nur wenig gehinderter Flux entlang der Flachbahn möglich ist. Weitere Vorteile dieser Schäume können sein, daß sie bei höheren als dem normalen Arbeitsdruck zusammengepreßt werden. Dadurch wird das Restmedium aus dem Schaum (Schwamm) gedrückt und zwar zurück auf die Anströmseite, weil der Flux entlang der Flachbahn blockiert ist. Dies kann bewußt als Rückspüleffekt genutzt werden. Weiterhin bewirkt ein Druckanstieg auf der Anströmseite, z. B. wegen der zunehmenden Verblockung des Separationsmediums, einen erhöhten Widerstand für den Flux entlang der Flachbahn. Verblockungseffekte können über diesen gekoppelten Effekt somit wesentlich schneller an der Fluxabnahme oder einer Differenzdruckerhöhung erkannt werden. Sind die Drainagewege sehr lang, so können längs des Drainagewege ein oder mehrere nicht komprimierbare Sammel- oder Verteilungskanäle in Form von z. B. gelochte oder anders perforierten Schläuche in den Schaum eingebracht werden.

Für besonders lange Drainagewege z. B. innerhalb eines Filterschlauchs hat sich als Drainage (8, 8') die Kombination einer wellblechförmigen Drainagebahn als Querdrainage mit geschlitzten, gelochten oder perforierten Schläuchen als Längsdrainage, als besonders vorteilhaft erwiesen. Dabei laufen die Schläuche (einer oder mehrere) parallel zum Separations- oder Filterschlauch und bilden die Sammel- oder Verteilungskanäle für die Medienabfuhr bzw. Medienzufuhr. Die wellblechartig geformten Querdrainagen führen diesen Kanälen das Medium zu oder führen es von ihm ab.

In einer weiteren Variante besteht der Separations-schlauch aus separaten, beutelartigen Segmenten, die zusammenhängend oder getrennt leckdicht mit einem oder zwei außerhalb der Beutel laufenden Schlauch bzw. Schläuchen verbunden oder verbindbar sind. Über den oder die Schläuche kann Medium zu oder abgeführt

werden. Die Schläuche können gleichzeitig als Führungselemente bei der Konfigurationsänderungen dienen.

Die Drainage- und Schutzelemente (8, 8') sowie die Separationsmedien (7, 7') übernehmen bei einigen der erfindungsgemäßen Separationselemente, zumindest im Separationszustand, Aufgaben bei der Abdichtung d. h. Separierung von Medienräumen. Dafür müssen sie, wie vorne beschrieben mit Dichtelementen (25) versehen werden. Diese werden entweder aufgeschweißt, aufgeklebt, haften von selbst oder werden im unausgehärteten Zustand aufgebracht (z. B. Silicone oder Polyurethane) und verbinden oder verankern sich dann mit den Flachbahnen, wodurch diese in der Regel an diesen Stellen mediumundurchlässig werden.

Besondere Varianten an Dichtelementen (25) sind die Verwendung von bzw. die Beschichtung mit geeigneten Haftklebern bzw. Haftschnitzklebern oder magnetisch wirksamen Substanzen.

Bei bestimmten Ausführungsformen ist das gesamte Drainage- oder schutzelement aus Dichtungsmaterial, z. B. mit zahnriemenartiger oder kastellartiger Struktur, hergestellt. Die so erzeugten Dichtungen wirken durch den im Wickel (1, 1'), im Faltenpaket (28, 28'), im Spiralwickel (36) oder im Segmentstapel (37) wirkenden Druck, der von außen einflußbar ist. Bei der Verwendung von Haftklebern oder magnetisch wirksamen Substanzen muß dieser Druck nach erfolgter Abdichtung nicht unbedingt aufrecht erhalten werden.

Für den Separationsmodus und für den Regenerationsmodus ist es anwendungsbezogen von entscheidender Bedeutung ist, wie das zu behandelnde Medium oder andere Hilfsmedien den Separationsmedien (7, 7') zugeführt oder von ihnen abgeführt werden, d. h. wie lang die Wege und Kontaktzeiten sind, ob eine Durch-, Um- oder Überströmung erfolgt, wie die Turbulenz oder Geschwindigkeit in der Grenzschicht ist usw.

Der Begriff Überströmung bzw. Cross-Flow wird dabei nicht ausschließlich im Sinne einer Selbstreinigung durch schnelle Überströmung gebraucht. Langsamere Überströmungen sorgen bereits dafür, daß es bei hoher Feststoffkonzentration nicht zu einem Absetzen bzw. einer Filterkuchenbildung kommt, daß bei Chromatographieprozessen eine vollständige Elution möglich ist, daß eine Konzentrationspolarisation auf oder in Nähe der Oberfläche des Separationsmediums verhindert wird oder das ein Medium, das über das Separationselement aus einer Kreisleitung entnommen wird, auch bei Separations- oder Filtrationsunterbrechungen immer im chemischen und physikalischen Gleichgewicht bleibt.

Für viele Anwendungen ist es weiterhin vom besonderer Bedeutung, daß die Medienräume, zumindest während der Separation hermetisch voneinander getrennt sind. Nur so ist z. B. eine Sterilfiltration mittels Mikrofiltermembranen möglich.

Für manche Anwendungen kann es von Vorteil sein, wenn die Trennung der Medienräume auch während der Regeneration bestehen bleibt, um z. B. die Gefahr einer Sekundärkontamination der Filtratseite generell zu verhindern.

Für kontinuierliche Prozesse ist es weiter wichtig, daß zur Regeneration der Separationsprozeß nicht unterbrochen werden muß, d. h. auch während der Konfigurationsänderung müssen die Medienräume strikt getrennt bleiben und eine Wechselwirkung des Separationsmediums (7) mit der Regenerationseinheit (2), z. B. durch Abbürsten oder Abtupfen der Oberfläche, möglich sein, ohne daß der Separationsvorgang unterbro-

chen werden muß.

Die erfindungsgemäßen Separationselemente liegen im Separationszustand in dicht gepackter, gestapelter, gewickelter oder gefalteter Form vor, um in der Volumeneinheit eine optimale separationswirksame Medienfläche (bzw. Medienvolumen) unterbringen zu können, um ggf. die notwendige Dichtwirkung zu erreichen, um das System kompakt und stabil für den Separationsprozeß zu bekommen und um das Totvolumen und die Gehäusegröße zu minimieren.

Ist für die Regeneration ein direkter Kontakt nötig bzw. erfordert diese eine freie Oberfläche der Separationsmedien (7, 7'), so muß es die Konstruktion des Separationselements erlauben, daß Drainage- und oder Schutzzelemente (8, 8') während des Regenerationsvorgangs von den Separationsmedien (7, 7') bzw. der Separations- oder Filtereinheit (18) getrennt werden können. Dies ist bei diversen Bauformen der erfindungsgemäßen Separationselemente ohne großen Aufwand realisierbar.

Als Regenerationsmethoden kommen alle anwendungsspezifischen, physikalisch und chemische Methoden in Betracht, die eine direkte Wechselwirkung mit der Separations- oder Filtereinheit (18) oder dem Separationsmedium (7, 7') erlauben.

Zwischen folgenden Fällen kann unterschieden werden:

- 1) Für die Regeneration ist der Kontakt mit mindestens einem Regenerationsmedium (21) nötig.
- 2) Zur Regeneration ist die direkte Wechselwirkung mit mindestens einer Regenerationseinheit (2, 2', 2'') nötig.
- 3) Die Regeneration erfordert das Zusammenwirken mindestens einer Regenerationseinheit (2, 2', 2'') mit mindestens einem Regenerationsmedium (21).

Gemäß Fall 1 können z. B. auf verschiedenen Abschnitten eines Wickels (1, 1') aus flächigen oder faserförmigen Separationsmedien (7, 7') saure und basische Ionenaustauschgruppen fixiert sein, die gemäß der erfindungsgemäß möglichen Konfigurationsänderung, Abschnitt für Abschnitt mit dem jeweils spezifischen Regenerationsmedium (21) in Kontakt gebracht werden können (vergl. Abb. 2). Auch kann so erfindungsgemäß die quantitative Elution spezifisch adsorbierter Stoffe oder das Aufheben von konzentrationsbedingten Oberflächenpolarisationen erfolgen.

Gemäß Fall 2 lassen sich auf definierte Bereiche einer Separations- oder Filtereinheit (18) z. B. katalytisch bzw. biokatalytisch aktive Substanzen durch Auftupfen oder Aufsprühen applizieren oder ein fester Niederschlag von der Oberfläche eines Separationsmediums (7, 7') abschaben.

Die Regeneration mit Ultraschall ist ein Beispiel für Fall 3. Dabei stellt der Ultraschallgeber die Regenerationseinheit (2) und Wasser bzw. eine andere geeignete Flüssigkeit das Regenerationsmedium (21) dar, in dem sich die reinigungswirksamen Kavitationsbläschen bilden.

Für die Regeneration oder Reinigung werden Methoden bevorzugt, die mechanisch, physikalisch-chemisch oder chemisch auf begrenzte bzw. definierte Bereiche wirken können. Beispiele sind die Bestrahlung mit Mikrowellen, IR-, UV-, Elektronenstrahlen usw., das Trocknen bzw. Ausheizen, das Aufheben von Konzentrationspolarisationen, das Rücklösen, das Abschwem-

men, Abbürsten, Abtupfen, Abschaben, das Absprühen oder Durchströmen mit Hochdruck, das Ab- oder Durchblasen mit Luft, Druckluft und anderen Gasen, das Aufsprühen, Aufstreichen, flächige oder rastermäßige Auftragen von Medien, gerichtete Druckstöße oder Vibrationen, die Beaufschlagung mit Ultraschall, Plasmabehandlungen, Koronabehandlungen, gerichtete magnetische oder elektrische Felder usw. Der Regenerationsschritt, kann wie schon beschrieben, aber auch in einer Lochung oder Perforierung des Separationsmediums bestehen.

Für die Effizienz und die Wirtschaftlichkeit der Regeneration ist es natürlich entscheidend, welche und wieviele Regenerationseinheiten (2, 2', 2'') eingesetzt werden, welche Zeit für die Regeneration zur Verfügung steht, welchen Raumbedarf die Regenerationseinheiten (2, 2', 2'') haben, was die Kosten für eine Regenerationseinheit (2, 2', 2'') sind, wie lange die gewählte Regenerationsmethode wirkt usw. Hier muß sowohl bei der Auswahl, als auch bei der Auslegung anwendungsspezifisch entschieden werden.

Die Ultraschallreinigung ist eine der bevorzugten Methoden mit denen sich erfindungsgemäße Separationselemente nach Separations- oder Filtrationsprozessen reinigen bzw. regenerieren lassen. Die Reinigungswirkung beruht auf der Implosion von Kavitationsbläschen, die nur an Stellen erzeugt werden, wo der Ultraschall direkt wirkt. Die Regenerationseinheit (2) besteht, in Abhängigkeit von der notwendigen Schalleistung pro Fläche und der zur Verfügung stehenden Regenerationszeit, aus einem oder mehreren Schallgebern, die in Form von z. B. Tauchschwingern oder Ultraschallrohrresonatoren im oder am Separationsgehäuse (3) befestigt sind. Die Reinigungszeiten und Reinigungsparameter sind anwendungsspezifisch zu ermitteln.

Eine wirtschaftliche Kaltsterilisation von Bier und anderen Medien mit denaturierbaren Inhaltsstoffen mittels Mikrofiltermembranen ist mit den erfindungsgemäßen Separationselementen z. B. deshalb möglich, weil die Konfigurationsänderung eine gezielte Denaturierung der Verblockungsschicht erlaubt, die diese in eine Konsistenz überführt, die eine Abreinigung durch eine direkt wirkende Ultraschallbehandlung ermöglicht.

Um die geeignete Konsistenz zur Abreinigung zu erreichen, kann es anwendungsspezifisch von Vorteil sein, wenn dem zu behandelnden Medium während der Separation inerte Partikel zugesetzt werden oder auf eine heute übliche Vorfiltration verzichtet wird. Beispielsweise kann und sollte bei der Kaltsterilisation von Bier eine Schichtenfiltration vor der Mikrofiltrationsstufe entfallen.

Die erfindungsgemäßen Separationselemente erlauben also auch das Zusammenfassen oder Entfallen von Separationsschritten. Weiterhin können die meisten Separationsprobleme, die heute nur mit der aufwendigen Cross-Flow-Technik lösbar sind, schonender und mit einem wesentlich geringerem Energieaufwand, durch den Einsatz der erfindungsgemäßen, regenerierbaren Separationselemente, in Kombination mit geeigneten Regenerationsmethoden, gelöst werden.

Für eine prozeßgerechte Separation ist es von Vorteil, wenn die Separationselemente zumindest während des Separationsprozesses in einem geschlossenem Gehäuse (3) mit mindestens zwei Anschlüssen (9, 10, 11, 15, 16) für die Medienabfuhr bzw. -zufuhr oder die Ent- und Belüftung, betrieben werden. Dadurch können Produktverluste minimiert werden, eine Sterilisation (Heißwasser, Heißdampf, Trockenhitze usw.) ist möglich, Über-

strömungseffekte sind realisierbar, es kann bei hohen Betriebsdrücken gearbeitet werden, eine saubere Restentleerung kann sichergestellt werden, luftempfindliche oder umweltgefährdende Medien können sicher aufgearbeitet werden usw.

Für eine "on line" oder "in place" Regeneration müssen im oder am Gehäuse (3) Vorrichtungen vorhanden sein, die es erlauben, die Konfigurationsänderung ohne Öffnen des Gehäuses durchzuführen. Diese Konfigurationsänderung kann schrittweise oder kontinuierlich erfolgen. Ist eine Wechselwirkung mit einer oder mehreren Regenerationseinheiten (2, 2', 2'' ...) nötig, so muß oder müssen diese ebenfalls ohne Öffnung des Gehäuses aktiviert werden können.

Ist zur Regeneration eine direkte Wechselwirkung mit einer Regenerationseinheit (2, 2', 2'' ...) nötig, so kann sich die Separations- oder Filtereinheit (18) bzw. ein Separationsmedium (7, 7') während der oder zur Regeneration an der Regenerationseinheit vorbeibewegen oder umgekehrt. Auch ist eine gleichzeitige Bewegung von Separationsmedium und Regenerationseinheit denkbar.

Regenerationseinheiten (2, 2', 2'' ...) können weiterhin gleichzeitig oder nacheinander für verschiedene Separationselemente wirksam sein. Ultraschallschwinger, die nur nach einer Seite abstrahlen, können z. B. durch schrittweise Drehung um eine Achse nacheinander mit den Separationsmedien (7, 7') verschiedener Separationselemente in Wechselwirkung treten. Auch können mehrere gleiche oder verschiedene Regenerationseinheiten gleichzeitig oder nacheinander mit dem Separationsmedium (7, 7') eines Separationselementes wechselwirken.

Eine bevorzugte Variante für die Mehrfachnutzung einer Reinigungseinheit (2), insbesondere einer Ultraschallquelle, ist z. B. die in Abb. 3 dargestellte Positionierung. Weitere bevorzugte Anordnungen von Separationselementen des Typs 1 und Regenerationseinheiten (2), insbesondere Ultraschallrohrresonatoren, sind in Abb. 15A und 15B dargestellt. In Abb. 15A wirkt eine Ultraschalleinheit (2) gleichzeitig auf beide Seiten der Separations- oder Filtereinheiten (18) von drei erfindungsgemäßen Separationselementen, die als Doppelwickel (1, 1') dargestellt sind. In Abb. 15B sind es drei Paare aus Doppelwickeln (1, 1'), die jeweils mit einer Regenerationseinheit (2) wechselwirken. Für größere Gehäuse ist eine Kombination aus beiden Anordnungen sinnvoll, wobei die Anordnung in Abb. 15A das Zentrum des Gehäuses bildet und die Zahl der Außenpaare, dem zur Verfügung stehenden Raum oder der erforderlichen Separationsleistung angepaßt wird.

Vorteilhaft ist auch die in Abb. 14C dargestellte Anordnung der Einzelwickel (1, 1') der 6 Separationselemente. Durch die gegenläufige Lage kann so das Volumen (Totvolumen) bzw. die Größe des Gehäuses (3) reduziert werden.

Insbesondere erfindungsgemäße Separationselemente vom Typ 1, die zwei Achsen (4, 4') haben, über die Medium zu- oder abgeführt werden kann und die je mit einem Absperrventil korrespondieren, haben neben dem Vorteil, daß so eine Separation nach dem Dialyseprinzip möglich ist, eine Reihe von anderen, wesentlichen Vorteilen. So kann die aktive Separationsfläche in einem Gehäuse (vergleiche die Abb. 14) durch Zu- oder Abschalten einzelner Separationselemente bzw. Doppelwickel (1, 1') dem tatsächlichen Bedarf angepaßt werden. Der Bedarf ergibt sich z. B. aus der stark schwankenden Filtrierbarkeit von biotechnologischen Medien,

wie Bier, die mit Mikrofiltern kaltsterilisiert werden sollen, aus dem Verblockungsgrad bzw. Restverblockungsgrad (nach erfolgter Regeneration) eines Separationsmediums (7, 7') oder steuerungstechnisch optimalen

Verhältnissen zwischen Betriebsdruck und Filtratleistung. Auch die Entleerung der Separationsanlage wird variabler, schonender und schneller. Defekte Separationselemente lassen sich abschalten und eine Einzelüberprüfung von Separationselementen wird möglich.

Es ist auch möglich, daß erfindungsgemäße Separationselemente und heute bekannte Elemente in einem Gehäuse in Serie betrieben werden, um z. B. Gehäuse zu sparen. Das Standardelement kann dabei z. B. als Sicherheitselement oder als Prüfelement mit optimierter Filterfläche dem Standardelement nachgeschaltet sein. Ein Spezialfall ist die vorne beschriebene Variante (Abb. 13A), bei dem das Standardelement gleichzeitig Fixier- oder Drehachse (4) ist.

Ein Anlagenschema für einen kontinuierlichen Prozeß ist in Abbildung 15 dargestellt. Dieses Anlagenschema wird im Anwendungsbeispiel 1 beschrieben. Kontinuierlich arbeitende Anlagen, d. h. Anlagen die zum Regenerationsschritt nicht abgeschaltet werden müssen, bestehen z. B. aus zwei oder mehr Separationslinien (27) mit Gehäusen (3), in denen jeweils erfindungsgemäße Separationselemente betrieben werden, wobei mindestens immer eine Linie (27) im Separationszustand arbeitet, während sich die anderen Linien im Regenerationszustand oder im "stand by" Zustand befinden. Durch ein solches Konzept läßt sich die Flexibilität, auf die schwankende Filtrierbarkeiten von Medien zu reagieren, weiter verbessern. Jede Linie (27) ist mit separaten Vorrichtungen (Regenerationsmedienkreislauf (41)) für die Zu- und Abfuhr von Regenerationsmedien (21) versehen, so daß die erfindungsgemäßen Separationselemente dieser Linie, im abgekoppelten Zustand, "in place" gereinigt werden können. Insgesamt ist immer nur die Fläche oder Masse aktiv, die zur Aufrechterhaltung der gewünschten Separationsleistung nötig ist, während eine mindest ebenso große Fläche oder Masse vom Separationsvorgang unbelastet in Reserve steht bzw. durch eine parallel laufende Regeneration, bis zur Erschöpfung der separationsaktiven Stufe, wieder separationsbereit ist.

An Hand von Anwendungsbeispielen für den Brauereibereich soll exemplarisch verdeutlicht werden, welches Verbesserungspotential durch die erfindungsgemäßen Separationselemente gegeben ist und welche Anwendungsbreite damit erschlossen werden kann.

Die Ausführungen lassen sich auf viele Separationsprobleme in anderen Industriebereichen übertragen.

Beispiel 1

Mikrofilteranlage zur Kaltsterilisation von Bier

Anhand der Kaltsterilisation von Bier mittels Mikrofiltermembranen, deren Problematik oben näher beschrieben wurde, sollen erfindungsgemäße Ausführungsformen der Separationselemente, deren Zusammenwirken mit Regenerationseinheiten (2) und eine Anlage in der sie betrieben werden können, näher beschrieben werden.

Dabei ist das Separationsmedium (7) ein Mikrofilter- oder Membranfilterschlauch und die Regenerationseinheit (2) ein Ultraschallgeber bzw. ein Ultraschallresonator.

Abb. 15 zeigt das Flußdiagramm für eine Anlage mit

einer Füllerleistung von 40 bis 330 hl/h. In die Anlage gelangt Bier, daß durch eine vorherige Kieselgurfiltration und ggf. zusätzliche Schichtenfiltration weitgehend frei ist von Partikeln mit einem Durchmesser größer als 1 μ . Die Mikrofilteranlage steht direkt vor dem Füller. Vor dem Füller und vor der Anlage sind korrespondierende Ventile (43, 43') angebracht, durch die Druckschläge bzw. Druckrückschläge in den Rohrleitungen der Mikrofiltrationseinheit vermieden werden können.

Der Kern der Anlage besteht aus 3 baugleichen, parallel geschalteten Separationslinien (48) mit je einem Gehäuse (3). Jedes Gehäuse ist unabhängig von den Rohrleitungen für Bier mit Vorrichtungen versehen (Regenerationsmediumkreislauf (42)), die es erlauben das Gehäuse (3) mit Druckluft, Kohlendioxid oder anderen Gasen zu beaufschlagen, wie es z. B. zum Vorspannen, Entleeren, Trocknen oder zur Integritätsprüfung erforderlich ist sowie die Gehäuse (3) mit flüssigen Medien (21), die z. B. zur Reinigung oder zur Sterilisation benötigt werden, zu versorgen bzw. diese Medien auszutragen oder im Kreislauf rezirkulieren zu lassen.

In der Filtratsammelleitung (44) ist zur Datenerfassung für die Anlagensteuerung ein Durchflußmesser (45) eingebaut. Es sind weitere, nicht näher gekennzeichnete Vorrichtungen installiert, mit denen permanent der Differenzdruck zwischen dem Filtrat- und Unfiltratraum einer Separationslinie (48) ermittelt werden kann.

Als Option können vor dem Füller z. B. ein oder mehrere parallel geschaltete Filtergehäuse (3') mit Standardfilterelementen oder erfindungsgemäßen, regenerierbaren Separationselementen z. B. gleicher Abscheidequalität, als Polizeifilter oder Integritätsfilter installiert werden.

Die Anordnung der Separationselemente und Regenerationseinheiten (2) in den Gehäusen (3) der Hauptlinien (48) entspricht Abb. 14A. Demnach enthält es 6 regenerierbare Separationselemente in Doppelwickelform (1, 1') und 3 Regenerationseinheiten (2). In Abhängigkeit von der Anwendung sind analoge Anordnungen mit mehr oder weniger Separationselementen bzw. Regenerationseinheiten denkbar. Die als Regenerationseinheiten (2) eingesetzten Ultraschallrohrresonatoren sind so zwischen den regenerierbaren Separationselementen angebracht, daß in der Regenerationsphase eine optimale Reinigung der erfindungsgemäß umwickelbaren Separations- oder Filtereinheiten (18) bzw. Separationsmedien (7, 7') erfolgen kann.

Die Separationselemente und die Regenerationseinheiten (2) stehen senkrecht auf dem Gehäuseboden und sind mit diesem funktionssicher verbunden. Für die Stabilisierung der senkrechten Lage sind entsprechende Halte- und Fixierungsvorrichtungen vorgesehen, die ebenfalls mit dem Gehäuseboden korrespondieren.

Die bevorzugten Längen der Separations- und Regenerationselemente sind die auf dem Filtrationssektor üblichen Bauhöhen von 10, 20, 30 oder 40 Inch. Entsprechend kann die Höhe des Gehäusedoms angepaßt werden.

Über eine oder beide Achsen (4, 4') des Separationselementes kann Medium vom Separationselement abgeführt oder dem Separationselement zugeführt werden. Für Steuerungszwecke kann der Abfluß von den, bzw. der Zufluß zu den Achsen (4, 4') des Separationselementes durch je ein Ventil gesperrt werden.

Die Achsen (4, 4') der Separationselemente können, wie für die Abb. 1 beschrieben, über Achsenanschlüsse (12, 12') am Gehäuseboden, gedreht werden, so daß er-

findungsgemäß jedes Separationselement in die für die Regeneration oder Separation optimale Konfiguration gebracht werden kann.

Die Filterfläche eines Moduls pro Bauhöhe 10 Inch beträgt vorzugsweise zwischen 0,25 und 1,5 m². Dies entspricht einer Länge von 0,5 bis 3 Metern für einen doppelseitig filtrierenden Mikrofilterschlauch. Der Durchmesser für einen Wickel (1) mit 1 m² eines Mikrofilterschlauches beträgt ca. 60 bis 150 mm.

Die Separationselemente können im Anlieferungs-stand auf eine Achse (4) oder anteilig auf zwei Achsen (4, 4') aufgewickelt sein. Im ersten Fall ist eine Achse fester Bestandteil des Gehäuses, an die nach Einsatz der Achse, die den Filterwickel enthält, ein Ende des Filterschlauches leckdicht angekoppelt wird. Eine weitere Möglichkeit ist es, alle Separationselemente, einschließlich der Achsen (4, 4') in einem gemeinsamen Gestell, in einer separationsbereiten Konfiguration zu installieren und dieses Gestell so in das Gehäuse (3) einzusetzen, daß die erfindungsgemäßen Separationselemente betrieben werden können.

Sind alle 6 regenerierbaren Separationselemente installiert, so erlauben die Steuerungsvorrichtungen, z. B. für Separationselemente mit 3 m² Filterfläche und 75 Inch Bauhöhe, den Einsatz von 3 bis 18 m² Filterfläche pro Gehäuse bzw. Linie. Für eine frische 0,45 μ Membran und Bier durchschnittlicher Viskosität können bei einem Differenzdruck von 1 bar ca. 200 bis 1250 hl/h dem Füller zur Verfügung gestellt werden. Somit kann mit einem Gehäuse z. B. eine Sollfüllerleistung von 250 hl/h bis zu einem Verblockungsgrad von 80% bei konstantem Druck aufrecht erhalten werden.

Zur Regeneration wird das Bier mittels Kohlendioxid ausgedrückt und das Gehäuse mit warmen Wasser gefüllt. Anschließend wird jedes Separationselement einzeln oder mehrere oder alle gemeinsam über Antriebe am Gehäuseboden, die die Achsenanschlüsse (12) oder (12') bzw. die Achsen (4) oder (4') in Bewegung setzen, so umgewickelt, daß jeder Teilabschnitt eines Filterschlauches (7) mit aufgelegter Außendrainage (8), mindestens 1 Minute frei von Wasser umspült wird und mit den Ultraschallrohrresonatoren wechselwirken kann. Ohne Rüstzeiten ergibt sich für die oben angenommene Filterfläche eine Ultraschallreinigungszeit von 15 bis 30 Minuten.

Eine entsprechende Reinigung ohne vorherigen Bierausschub oder bei laufender Produktion ist prinzipiell möglich, hat sich aber nicht bewährt, da hier das als Reinigungsmedium eingesetzte Bier verworfen werden muß und der Reinigungseffekt nicht optimal ist.

Für ein Gehäuse (3) mit 100 Liter Füllvolumen beträgt die Leistung der Ultraschallschwinger zwischen 750 und 2000 Watt.

Die Umwicklung von Achse zu Achse erfolgt wie in Abb. 14B dargestellt bevorzugt in Brillenform. Somit ergeben sich während des Umwickelvorgangs die minimalsten, krümmungsbedingten Versätze zwischen den einzelnen Schichten des Mikrofilterschlauches (7) und beide Seiten des Mikrofilterschlauches (7) können gleichzeitig mit einer Ultraschalleinheit (2) gereinigt werden. Mit einer Ultraschalleinheit (2) lassen sich so auch gleichzeitig zwei Mikrofilterschläuche (7) reinigen.

Der Aufbau des Mikrofilterschlauches bzw. Membranschlauches (7) entspricht z. B. Abb. 6A. Die Innendrainage (8') besteht aus zwei Lagen eines Drainagenetzes, wobei beide Netze nach einem bestimmten Punktmuster mit Spacern (6) durch Verklebung oder Verschweißung miteinander verbunden sind. Die Seitenrän-

der der Netze sind so bearbeitet, daß es zu keiner Verletzung des Membranschlauches (7) kommen kann. Über die Länge des Membranschlauches (7) besteht keine feste Verbindung zwischen der Membran und der Drainage. Eine Fixierung der Innendrainage (8') erfolgt bevorzugt an einer der beiden Drehachsen (4, 4'). Bei einer Achsenanbindung (13, 13') an beide Drehachsen ist ein Teilbereich der Drainage (8'), insbesondere in der Mitte der Schlauchlänge oder an einem Ende, flexibel ausgebildet, so daß für den Wickelvorgang ein gewisser Längenausgleich möglich ist.

Das Separationsmedium (7), der Membranschlauch (Mikrofilterschlauch), hat optimaler Weise eine Porengröße von 0,45 µ. Sehr gut geeignet sind Membranen mit hydrophilem Charakter und minimierter unspezifischer Adsorption gegenüber Eiweiß. Besonders wirtschaftlich arbeiten Membranen aus Cellulosehydrat und hydrophilisierten PVDF- und Polysulfonmembranen, insbesondere wenn die Hydrophilisierung mit Acrypolymeren erfolgt.

Als Außendrainage (8) wird dasselbe oder ein etwas größeres Gitternetz wie für die Innendrainage (8') verwendet. Es können, wie in Abb. 6C dargestellt, beide Seiten oder nur eine Seite des Membranschlauches (7) lose mit einem solchen Netz bedeckt sein. Um ein gewisses Teleskopieren des Membranschlauches bei Umwickelvorgängen auszugleichen, sind die Außendrainagen (8) bevorzugt etwas breiter als der Membranschlauch (7).

Der Membranschlauch (7) ist an den langen Kanten, wie in Abbildung 6A oder 6B dargestellt, verklebt, wobei die Dichtungszonen (24) bevorzugt durch eine flexible Silikonmasse gebildet werden, um bei den Umwickelvorgängen die Gefahr der Beschädigung durch Bruch oder Haarrißbildung auszuschließen.

An den beiden Enden ragen aus dem allseitig geschlossenen Membranschlauch (7) mit der Innendrainage (8'), je zwei Anschlußschläuche als Achsenanbindung (13, 13') für den Anschluß an die Dreh- und Medienachsen (4, 4'). Im Inneren der Membranschläuche (7) sind diese Achsenanbindungsschläuche (13, 13') perforiert oder mit einem Spalt für den Medienabfluß bzw. -zufluß vom bzw. zum Filterschlauchinneren versehen. Zur Stabilisierung für die beim Wickelvorgang auftretenden Zugkräfte, können je zwei Anschlüsse an der Achse, im Inneren des, als Achsenanbindung (13, 13') fungierenden Anbindungsschlauches, mit perforierten oder gelochten Edelstahlröhrchen verbunden werden.

Zum Erzeugen der erforderlichen Bauhöhen können mehrere, z. B. je 10 Inch breite, Membranschläuche (7) über die gesamte Schlauchfläche oder über Anschlußschläuche miteinander verbunden werden. Auch sind Einzelanschlüsse für jeden einzelnen Membranschlauch (7) eines Separationselements möglich.

Beispiel 2

cross-Flow-Mikrofilteranlage zur Kaltsterilisation von Bier mit erhöhtem Feststoffgehalt

Gelägerbiere enthalten ebenso wie nicht kieselgurfiltrierte Biere, auch nach geeigneter Vorfiltration (siehe Beispiel 3) noch soviel Feststoffanteile, daß sich bei der statischen Filtration sehr schnell ein undurchdringlicher Filterkuchen aufbaut.

Eine Lösung für diese Filtrationsproblematik stellt die Cross-Flow-Mikrofiltration dar, wie sie vorne beschrieben wurde. Die für die heute angewandte Hochge-

schwindigkeits-Cross-Flow-Technik aufgezeigten Nachteile lassen sich mit einer Anlage, die erfindungsgemäße Separationselemente enthalten, umgehen bzw. wirtschaftlicher lösen.

Das Anlagenkonzept und auch die Separationselemente sind bis auf Nuancen identisch mit den Ausführungen im Beispiel 1. Ein Überströmeffekt wird dadurch erreicht, daß, wie in Abb. 1 dargestellt und vorne beschrieben, das Gehäuse innere im Separationszustand z. B. durch den Einbau eines, bis auf die Stirnöffnung der Separationselemente geschlossenen, ggf. zur Abdichtung aufblasbaren, Ringkanals (17), in zwei Medienräumen geteilt wird und das Bier zwischen diesen beiden Medienräumen, ggf. unter Verdünnung mit neuem Unfiltrat, mittels einer Umwälzpumpe rezirkuliert und aufkonzentriert wird. Gegenüber der herkömmlichen Cross-Flow-Filtration werden wesentlich geringere Überströmgeschwindigkeiten erreicht. Dies bedeutet einen geringeren Energieeintrag und eine geringere Gefahr der Produktschädigung. Kommt es trotz der Überströmung zu einer Membranverblockung oder Verstopfung der Überströmkanäle, so lassen sich die erfindungsgemäßen Separationselemente, wie in Beispiel 1 beschrieben, mehrfach, z. B. mit Ultraschall regenerieren, so daß insgesamt ein wirtschaftlicheres und schonenderes Verfahren resultiert.

Um die Überströmung optimal zu gestalten, liegt die Elementhöhe bevorzugt bei nur 10 Inch und es werden als Überström-Drainagen (8) Gitternetze benutzt, die ausreichend Turbulenzen erzeugen.

Beispiel 3

Vorfiltration von Gelägerbieren für die Cross-Flow-Mikrofiltration gemäß Beispiel 2

Gelägerbiere enthalten bereits einen so hohen Feststoffanteil, daß die im Beispiel 2 beschriebene Cross-Flow-Filtration mit erfindungsgemäßen Separationselementen nur nach entsprechender Feststoffreduzierung, durch z. B. Vorfiltration, erfolgen kann.

Die Vorfiltration mit herkömmlichen, zylindrischen oder plissierten Filterkerzen ist hier äußerst unwirtschaftlich, weil sich auch auf Filtermedien mit 50 bis 150 µ Porengröße, nahezu spontan, ein undurchdringlicher Filterkuchen absetzt. Gute Erfolge zur Problemlösung bringen die erfindungsgemäße Separationselemente und Anlagen, wie sie im Beispiel 1 beschrieben sind. Jedoch sind hier die Filtermedien nicht Mikrofilter, sondern z. B. Spunbond-Vliese oder Meltblown-Vliese (bevorzugt aus Polypropylen), mit Porengrößen zwischen 8 und 100 µ. Insbesondere als äußere Drainagevliese sind sehr grobe, optimaler Weise etwas gewellte, Gitternetze von Vorteil. Zur Verlängerung der Zwischenstandszeit, bis zur Hauptregeneration, ist es von Vorteil, den Filterschlauch während des Filtrationsvorganges permanent umzuwickeln und zumindest zeitweise zu beschallen. Die Beschallungshäufigkeit und die Beschallungsintensität müssen, auf die Anfälligkeit der Resthefe zu lysieren (Zellbruch, Geschmacksbeeinträchtigung), abgestimmt werden.

Eine weitere Verfahrensvariante, die allgemein bei der Vorfiltration von Lösungen mit hohem Feststoffgehalt Vorteile bringt, läßt sich an Hand der Abb. 3 und 2 erläutern. Auf der Achse (4) eines Doppelwickels (1, 1') befindet sich vor Beginn der Separation ein Wickel (1) aus groben Spunbond-Vliesen oder Geweben. Der Wickelanteil (1') auf der anderen Achse (4') ist zunächst auf

zwei bis drei Wickel begrenzt, wobei das Anschlußband (23) ein Mikrofiltermaterial (bevorzugt mit einem Stützvlies verstärkt) mit Dichtelementen (25) an den Randzonen ist.

Während der Separation ist nur der Abfluß (9) der Achse (4) geöffnet. Um ein Verblocken des Wickelzylinders zu vermeiden wird dieser während der Separation, zusammen mit dem abgeschiedenen Feststoff, langsam auf die Achse (4') umgerollt. Ist der Wickel (1) nahezu abgebaut, so wird die Separation unterbrochen und das Gehäuse (3) entleert. Zur Entfeuchtung des Feststoffes im Wickel (1') wird der Abfluß (9) geschlossen und der Abfluß (9') geöffnet. Beaufschlagt man dann das Gehäuse (3) mit Druck, ohne den Bubble-Point des Mikrofilters zu überschreiten, so können dem Filterkuchen erhebliche Mengen Feuchtigkeit entzogen werden. Zur Regeneration wird erneut umgewickelt und z. B. zunächst in einer ersten Regenerationswanne (20), ohne Reinigungsmedium, die größte Menge des Feststoffes durch Regenerationseinheiten (2, 2') mechanisch (Schaber, Bürste) entfernt und anschließend durch eine zweite, nicht gezeichnete, Regenerationswanne geführt, in der z. B. eine Ultraschallreinigung wirksam werden kann.

Beispiel 4

Feinfilterfilteranlage zur Erzeugung von hefefreien alkoholischen Getränken

Resthefen z. B. nach der Kieselgurfiltration werden heute aus alkoholischen Getränken, wie Wein, Sekt oder Bier häufig mit Schichtenfiltergeräten, die mit sog. Filterschichten bestückt sind, hefesteril filtriert. Die Nachteile dieser Systeme sind allgemein bekannt (offenes System, lange Quellzeiten, Tropfverluste, Druckstoßanfälligkeit, lange Rüstzeiten, Abfallberge ...) und haben zur Entwicklung von Alternativen, wie Filterschichtenmodule für geschlossene Gehäuse und Wickelkerzen aus Feinstfaservliesen (z. B. auf Meltblown-Basis) geführt. Nachteil dieser Systeme ist nach wie vor eine limitierte Regenerationsmöglichkeit und die Gefahr des Durchbruchs abgeschiedener Medien. Mit erfindungsgemäßen Separationselementen, die Feinstfaser-Vliese, als Separationsmedium (7) enthalten und so aufgebaut sind, daß sich im Wickel eine Filterschicht zwischen 5 und 20 mm aufbaut, die in Flußrichtung in der Abscheidung immer feiner wird, wird ein entscheidender Vorteil erreicht, weil die erfindungsgemäßen Separationselemente im Regenerationsmodus Schicht für Schicht regenerierbar sind.

Das Anlagenkonzept für solche Separationselemente ist vom Prinzip her identisch mit dem Konzept aus Beispiel 1. Modifizierungen und Nuancen ergeben sich anwendungsbezogen aus der jeweiligen Problemstellung. Für diesen Typ ergibt sich eine optimale Flächenausnutzung, wenn über zwei Halbwickel (1, 1') gleichen Aufbaus filtriert wird (vergleiche die Abb. 4 und 5 und die dazugehörigen Erläuterungen).

Beispiel 5

Entalkoholisierung von Bier durch Dialyse

Zur Erzeugung von alkoholfreiem Bier wird heute u. a. Bier dialysiert. Dazu wird z. B. durch Matten hohlfaserförmiger Ultrafilter, die von Bier umströmt werden, Wasser geleitet. Aufgrund der osmotischen Gegeben-

heiten wird Alkohol über die Ultrafiltermembran, die Moleküle mit größerem Molekulargewicht nicht passieren können, ausgetragen. Die sehr feinen Ultrafiltrationsmembranen neigen dabei ebenso stark zur Verblockung, wie die oben beschriebenen Mikrofilter bei der Kaltsterilisation von Bier. Mit den erfindungsgemäßen, regenerierbaren Separationselementen läßt sich somit auch bei diesem Prozeß eine verbesserte Wirtschaftlichkeit erreichen. Das Anlagenkonzept für den Dialyseprozeß entspricht weitgehend dem bei der Cross-Flow-Filtration in Beispiel 2. Die Separations- oder Filtereinheit (18) besteht z. B. aus einer Drainage-lage (8), die im gewickelten Zustand eine Überströmung erlaubt und einer ca. 2 m langen Hohlfaserlage als Separationsmedium (7), die die Achsen (4) und (4') im nicht aufgewickelten Zustand expanderartig verbindet. Im Separationszustand (Dialysevorgang) werden die Hohlfasern außen von Bier überströmt und im Inneren über die beiden Anschlußachsen mit Wasser.

Die Regeneration erfolgt, wie in Beispiel 1 beschrieben.

Beispiel 6

PVPP-stabilisierung von Bier mit immobilisiertem PVPP bzw. Fasern oder Feinstfaservliesen aus PVPP

PVPP wird in der Regel direkt im Anschluß an die Kieselgurfiltration in gequollener Form in definierten Mengen dem Bier zur Adsorption von Polyphenolen zugesetzt (Stabilisierung; Vermeidung von Nachtrübungen) und muß nach einer definierten Kontaktzeit wieder quantitativ abgetrennt werden. Die Regeneration mit Lauge und die Wiedergewinnung des Granulats ist apparativ sehr aufwendig. Mit einem erfindungsgemäßen Separationselement, das PVPP als Filtervlies, als Faser bzw. Faden enthält oder an bzw. zwischen solchen Vliesen oder Fasern PVPP immobilisiert ist, kann sowohl die Kontaktzeit ("Zudosierung" durch Umwickeln) flexibler gesteuert werden, als auch die Regeneration einfacher und schneller erfolgen.

Beispiel 7

Aufarbeitung der Reinigungslauge von Kasten oder Flaschenfüllmaschinen

Das Anlagen- und Filtrationskonzept entspricht den Beispielen 1 oder 2 und nötige Vorfiltration, den Beispielen 3 oder 4. Ziel ist es die Lauge mehrfach zu verwenden und sie keimarm und frei von ablagerungsfähigen Verunreinigungen einem neuen Reinigungsprozeß zuzuführen. Die Mehrfachverwendung entschärft gleichermaßen die Entsorgungsproblematik. Für die Vorfiltration eignen sich Spunbond- und Meltblown-Vliese auf Polypropylenbasis. Bevorzugte, erfindungsgemäße Separationselemente der Endstufe entsprechen z. B. den zu den Abb. 7 gemachten Ausführungen. Die Lagen (5) können z. B. Meltblown-Polypropylen-Vliese und das Hauptseparationsmedium (7) eine Polysulfonmikrofiltermembran (ggf. mit Polypropylenverstärkung) sein. Diese Lagen sind so mit Dichtelementen (25) versehen, daß sie im Regenerationsmodus (Umwickelzustand) vereinzelt werden, d. h. allseitig vom Regenerationsmedium frei umspült werden können und im Separationszustand (aufgewickelt unter Spannung) eine strikte Trennung von Unfiltrat- und Filtratraum gewährleisten. Hierzu ist es vorteilhaft die Filterschichten der Separa-

tions- oder Filtereinheit (18) im Nahbereich zur Achsenanbindung dicht miteinander zu verbinden und die innere Drainage (8') entweder ebenfalls mit Dichtelementen (25) zu versehen oder um die Breite der Dichtelemente zu kürzen.

Beispiel 8

Partikelarme Luft für Reinnräume, z. B. EDV-Anlagen in Großbrauereien

Die Luft für Produktions-Reinnräume oder sog. Clean-Banches (Reine Werkbänke; z. B. für die sterile Probenahme) wird ebenso wie die Luft für Räume mit hohem Anspruch an die Luftreinheit (Partikelfreiheit), wie es in Großbrauereien Räume für größere EDV-Anlagen sind, wird heute in der Regel durch Filtration über plissierte Filtermaterialien, insbesondere aus Mikroglassfaser-Vliesen erzeugt. Abgesehen von der Problematik einer möglichen Freisetzung von lungengängigen Glasfaserbruchstücken ist ein Nachteil der eingesetzten Filterelemente, daß sich in ihnen große Mengen an Staub und Bakterien ansammeln, was insbesondere bei ausreichender Luftfeuchtigkeit nicht selten zu einer immer massiver werdenden Geruchsbelästigung führt. Auch steigt der Luftwiderstand und somit die Energiekosten erheblich mit dem Verblockungsgrad. Die Gesamtproblematik läßt sich z. B. dadurch lösen, daß man erfindungsgemäße, regenerierbare Separationselemente einsetzt. Eine Ausführungsform gemäß Typ 2 ist als Faltenpaket (28) in Abb. 9A skizziert. Abb. 9C stellt den Längsschnitt durch ein Gehäuse (3) dar, in dem ein solches Faltenpaket (28) installiert ist. Anstatt der problematischen Glasfaservliese kommt ein hydrophobes, elektrisch geladenes (Elektretcharakter) Feinstfaser-Vlies (z. B. auf Melt-blown-Basis; Abscheideeffizienz gemäß EU 8 bis EU 13) als Separationsmedium (7) zum Einsatz, das, im Verbund mit einem hydrophoben Spunbond-Vlies als Separations- oder Filtereinheit (18) leporelloartig gefaltet ist. Das unterste Blatt der Separations- oder Filtereinheit (18) ist fest mit dem Boden (46), das oberste fest mit dem abnehmbaren Deckel (47) des Filtergehäuses (3) verbunden. Die seitlichen Ränder des Verbundes sind mit Dichtelementen (25) versehen, die im zusammengepreßten Zustand im Gehäuse (3), sowohl eine strikte Trennung des Unfiltrat- und Filtratraumes, als auch eine für den ungehinderten Gasstrom ausreichenden Abstand zwischen den Falten der Separations- oder Filtereinheit (18) gewährleisten. Zur Regeneration kann das Faltenpaket (28) durch Abnehmen des oberen Deckels (47) entfaltet werden. Durch eine definierte Erwärmung auf einer leitenden Oberfläche einer Regenerationseinheit (2') wird dann das Filtermedium (7) entladen. Eine vollkommene Staubentfernung erfolgt mit der Regenerationseinheit (2') durch pulsierendes Ausblasen mit filtrierter Preßluft entgegen der normalen Filtrationsrichtung. Es folgt eine erneute Ladung des erwärmten (Regenerationseinheit (2')), isolierten Separationsmediums (7) durch die Regenerationseinheit (2), die eine elektrische Korona erzeugt. Durch Zusammenfallen der Separations- oder Filtereinheit (18) und Verschließen des oberen Deckels (47) unter Druck, ist das Separationsgehäuse (3) wieder betriebsbereit.

Bezugszeichenliste

- 1, 1 Wickel
- 2, 2', 2'' Regenerationseinheit

- 3, 3' Gehäuse
- 4, 4' Achse
- 5, 5' Lage, Schicht
- 6 Drainagespacer
- 5 7, 7' Separationsmedium
- 8, 8' Außendrainage, Innendrainage
- 9, 9' Achsenöffnung
- 10 Gehäuseöffnung (Unfiltrat)
- 11 Gehäuseöffnung (Ringkanal)
- 10 12, 12' Achsenanschluß
- 13, 13' Achsenanbindung
- 14 Umlenkstäbe, Umlenkrollen
- 15 Gehäuseöffnung für Ent- und Belüftung
- 16 Gehäuseöffnung Restentleerung
- 17 Ringkanal (CF)
- 18 Separations- oder Filtereinheit
- 18' Außenseite der Separations- oder Filtereinheit
- 18'' Innenseite der Separations- oder Filtereinheit
- 19, 19' Wickelstirn
- 20 Regenerationswanne
- 21 Regenerationsmedium
- 22, 22' Anschlüsse für die Regenerationswanne
- 23 Anschlußband, Anschlußvorrichtung
- 23' Innenseite Anschlußband/Anschlußvorrichtung
- 25 23'' Außenseite Anschlußband/Anschlußvorrichtung
- 24 Dichtungszone
- 25 Dichtelement undurchlässig
- 26 Dichtelement durchlässig, Ausgleichselement
- 27 Vereinzelungsblech
- 30 28, 28' Faltenpaket
- 29 Fixierte Endkappe
- 30 Bewegliche Endkappe
- 31 Abdichtung Achse/Bewegliche Endkappe
- 32 Sammelachse
- 35 33 Fixierungsachse
- 34 Wickelband
- 35 Führungsspur
- 36 Spiralwickel
- 37 Segmentstapel
- 40 38 Trägersrahmen
- 39 Drehachsenführung- und Mediumsammelachse
- 40 Separations- oder Filtersegment
- 41 Kerzenummantelung
- 42 Regenerationsmediumkreislauf
- 45 43 Korrespondierende Regelventile
- 44 Filtratsammelleitung
- 45 Durchflußmesser
- 46 Gehäuseboden
- 47 Gehäusedeckel
- 50 48 Separationslinie
- 49 Konzentratachsenöffnung
- 50, 50' Gehäuseöffnung für die Regenerationswanne.

Patentansprüche

1. Regenerierbare Separationselemente zur Behandlung flüssiger und gasförmiger Medien mittels mindestens an einer Stelle fixierter, fadenförmiger, faserförmiger, flächiger, hohlfaserförmiger, schlauchförmiger oder rohrförmiger, oberflächenaktiver und oder poröser Separationsmittel aus der Gruppe der Feinstfasern, Spunbond-Vliese, trockenen und naßgelegten Papiere und Vliese, Splitfaser-Vliese, Feinstfaser-Vliese und Feinstfaser-Papiere, Mikrofilter, Ultrafilter, Reverse Osmose Membranen, Pervaporations Membranen und Folien, an die, in denen oder zwischen denen adsorptiv, katalytisch, biokatalytisch, über ein Zetapotential oder

durch Elektretcharakter wirkende Stoffe oder zum Ionenaustausch fähige funktionelle Gruppen oder Medien gebunden, fixiert oder eingelagert sein können, die anwendungsbezogen oder konfigurationsbedingt mit Schutz- oder Drainageelementen (8, 8') versehen oder kombiniert werden können und während der Separation in einem Gehäuse (3) mit mindestens zwei Öffnungen (9, 9', 10, 11, 15, 16) für die Medienabfuhr oder Medienzufuhr in dicht gepackter, gestapelter, gewickelter oder gefalteter Konfiguration von dem zu behandelnden Medium umspült, überströmt und oder durchströmt werden, dadurch gekennzeichnet, daß für den Separationsvorgang die gesamte aktive Fläche eines Separationsmediums (7, 7') eines Separationselements separationswirksam im Medienkontakt gebracht werden kann und das Separationselement zur Regeneration, unter Erhaltung der Fixierung der Separationsmedien (7, 7'), der Separations- oder Filtereinheit (18) oder der Separations- oder Filtersegmente (40) an eine für die Konfigurationsänderung, die Medienzufuhr oder die Medienabfuhr notwendige Vorrichtung oder Achse (4, 4', 39) durch Vereinzelung der Separationsmedien (7, 7'), der Separations- oder Filtereinheit (18) oder der Separations- oder Filtersegmente (40) in eine andere, für die Regeneration vorteilhafte Konfiguration gebracht werden muß und kann und diese Konfigurationsänderung mehrfach reversibel und automatisierbar ist.

2. Regenerierbare Separationselemente gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Separationsmedium (7, 7') aus 2 oder mehreren Lagen desselben oder verschiedener Separationsmitteltypen besteht.

3. Regenerierbare Separationselemente gemäß Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß zwei oder mehr Lagen eines Separationsmediums (7, 7') getrennt regenerierbar ist.

4. Regenerierbare Separationselemente gemäß Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Regeneration ein direktes Wechselwirken der zu regenerierenden Komponente oder Zone der Separationsmedien (7, 7'), der Separations- oder Filtereinheit (18) oder der Separations- oder Filtersegmente (40) mit einem spezifischen Regenerationsmedium (21) erfordert.

5. Regenerierbare Separationselemente gemäß Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Regeneration ein direktes, spezifisches Zusammenwirken der zu regenerierenden Komponente oder Zone der Separationsmedien (7, 7'), der Separations- oder Filtereinheit (18) oder der Separations- oder Filtersegmente (40) mit mindestens einer Regenerationseinheit (2, 2', 2'') erfordert.

6. Regenerierbare Separationselemente gemäß Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Regeneration ein direktes, spezifisches Zusammenwirken der zu regenerierenden Komponente oder Zone der Separationsmedien (7, 7'), der Separations- oder Filtereinheit (18) oder der Separations- oder Filtersegmente (40) mit mindestens einer Regenerationseinheit (2, 2', 2'') in Kombination mit mindestens einem Regenerationsmedium (21) erfordert.

7. Regenerierbare Separationselemente gemäß Anspruch 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Konfigurationsänderung und die Regeneration im

Separationsgehäuse bzw. Gehäuse (3) erfolgt.

8. Regenerierbare Separationselemente gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Separationselement im Separationszustand aus einem oder aus zwei miteinander verbundenen Wickeln (1, 1') besteht, die ein Separationsmedium (7, 7') enthalten und diese Wickel (1, 1') zur Regeneration auf-, ab- und umgewickelt werden können.

9. Regenerierbare Separationselemente gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Separationselement im separationszustand aus einem oder aus zwei miteinander verbundenen, kompakten Faltenpaketen oder Faltenbälgen (28, 28') besteht, die ein Separationsmedium (7, 7') enthalten und diese Faltenpakete (28, 28') zur Regeneration entfaltet, umgefaltet oder umgeklappt werden können.

10. Regenerierbare Separationselemente gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Separationselement im separationszustand aus einem kompakten Spiralwickel (36) besteht, der ein Separationsmedium (7, 7') enthält und dieser Spiralwickel (36) zur Regeneration auf- oder umgewickelt werden kann.

11. Regenerierbare Separationselemente gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Separationselement ein Segmentstapel (37) ist, der durch mehrere runde, rechteckige oder vieleckige, flächige oder dreidimensionalen Separations- oder Filtersegmente (40), die geeignete Zuschnitte eines Separationsmediums (7, 7') enthalten, gebildet wird, wobei die Separations- oder Filtersegmente (40) mit einer Achse (4) oder der Drehachsenführungsachse (39) verbunden sind und zur Regeneration eine Vereinzelung der Separations- oder Filtersegmente (40), ohne Lösung der Verbindung zur Achse (4) oder Drehachsenführungsachse (39) möglich ist.

12. Regenerierbare Separationselemente gemäß einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß das Separationselement Fäden, Fasern, Hohlfasern oder Flachfilter oder Kombinationen davon als Separationsmittel enthält.

13. Regenerierbare Separationselemente gemäß Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß während der Separation die Separationsmedien (7, 7') senkrecht durchströmt werden.

14. Regenerierbare Separationselemente gemäß Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, daß während der Separation die Oberfläche eines Separationsmediums (7, 7') auf einer oder auf beiden Seiten von dem zu behandelnden Medium tangential überströmt wird.

15. Regenerierbare Separationselemente gemäß einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß das Separationselement Flachbahnen mit durchlässigen und oder undurchlässigen Dichtelementen (26, 25) als Separationsmedium (7, 7') und oder Drainagen (8, 8') enthält, die es erlauben, daß im Separationszustand eine strikte Trennung in zwei Medienräume gegeben ist.

16. Regenerierbare Separationselemente gemäß Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Dichtelemente (25) und oder (26) mehrfach lösbare Haftkleber sind oder flächig mit einem Haftkleber beschichtet sind.

17. Regenerierbare Separationselemente gemäß

Anspruch 15 dadurch gekennzeichnet, daß die Drainage (8, 8') vollflächig aus einem Material ist, das als Dichtmedium geeignet ist.

18. Regenerierbare Separationselemente gemäß einem der Ansprüche 15 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß während der Separation die Separationsmedien (7, 7') senkrecht durchströmt werden.

19. Regenerierbare Separationselemente gemäß einem der Ansprüche 15 bis 18 dadurch gekennzeichnet, daß während der Separation die Oberfläche eines Separationsmediums (7, 7') auf einer Seite von dem zu behandelnden Medium tangential überströmt wird.

20. Regenerierbare Separationselemente gemäß einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß das Separationselement Hohlfasern, flexible Rohre oder schlauchförmige Flachfilter oder Kombinationen davon als Separationsmittel enthält, die es erlauben, daß im Separationszustand und Regenerationszustand eine strikte Trennung in zwei Medienräume gegeben ist.

21. Regenerierbare Separationselemente gemäß Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß während der Separation das Separationsmedien (7, 7') senkrecht durchströmt werden.

22. Regenerierbare Separationselemente gemäß Anspruch 20 oder 21, dadurch gekennzeichnet, daß während der Separation oder Regeneration die Oberfläche eines Separationsmediums (7, 7') auf einer Seite von dem zu behandelnden Medium oder einem Hilfsmedium tangential überströmt wird.

23. Regenerierbare Separationselemente gemäß einem der Ansprüche 20 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß während der Separation oder Regeneration die Oberfläche eines Separationsmediums (7, 7') auf beiden Seiten von dem zu behandelnden Medium oder auf einer Seite vom dem zu behandelnden Medium und auf der anderen Seite von einem Hilfsmedium tangential überströmt wird.

24. Regenerierbare Separationselemente gemäß einem der Ansprüche 20 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß die Trennung in zwei Medienräume auch während des Regenerationsvorgangs bestehen bleibt.

25. Regenerierbare Separationselemente gemäß einem der Ansprüche 20 bis 24, dadurch gekennzeichnet, daß zur Regeneration und während der Konfigurationsänderung die Separation oder Filtration nicht unterbrochen werden braucht.

26. Regenerierbare Separationselemente gemäß einem der Ansprüche 1 bis 25, dadurch gekennzeichnet, daß zur Regeneration mögliche Drainage- oder Schutzvorrichtungen (8, 8') von der Oberfläche eines oder mehrerer Separationsmedien (7, 7') entfernt werden können, so daß die Oberfläche des Separationsmediums (7) oder (7') oder der Separationsmedien (7, 7') während der Regeneration frei zugänglich sind.

27. Regenerierbare Separationselemente gemäß einem der Ansprüche 1 bis 26, dadurch gekennzeichnet, daß in der Regenerationsphase die Regeneration und die Konfigurationsänderung permanent und synchron erfolgen.

28. Regenerierbare Separationselemente gemäß einem der Ansprüche 1 bis 26, dadurch gekennzeichnet, daß in der Regenerationsphase die Regeneration und die Konfigurationsänderung schrittweise, jeweils nach einer Teilkonfigurationsänderung, er-

folgt.

29. Regenerierbare Separationselemente gemäß einem der Ansprüche 5 bis 28, dadurch gekennzeichnet, daß zur Regeneration ein definierter Abstand zwischen einer Reinigungseinheit (2, 2', 2'' ...) und der Oberfläche eines Separationsmediums (7, 7') eingestellt werden kann.

30. Regenerierbare Separationselemente gemäß einem der Ansprüche 5 bis 29, dadurch gekennzeichnet, daß zur Regeneration eine Reinigungseinheit (2, 2', 2'' ...) an der Oberfläche eines Separationsmediums (7, 7'), einer Separations- oder Filtereinheit (18) oder eines Separations- oder Filtersegmentes (40) vorbeigeführt wird.

31. Regenerierbare Separationselemente gemäß einem der Ansprüche 5 bis 30, dadurch gekennzeichnet, daß zur Regeneration die Oberfläche eines Separationsmediums (7, 7'), einer Separations- oder Filtereinheit (18) oder eines Separations- oder Filtersegmentes (40) an der Reinigungseinheit (2, 2', 2'' ...) vorbeigeführt wird.

32. Regenerierbare Separationselemente gemäß einem der Ansprüche 5 bis 31, dadurch gekennzeichnet, daß sich während der Regeneration sowohl die Regenerationseinheit (2, 2', 2'' ...), als auch die Oberfläche eines Separationsmediums (7, 7'), einer Separations- oder Filtereinheit (18) oder eines Separations- oder Filtersegmentes (40) gegeneinander bewegen.

33. Regenerierbare Separationselemente gemäß einem der Ansprüche 5 bis 32, dadurch gekennzeichnet, daß eine Regenerationseinheit (2, 2', 2'' ...) mehrere Regenerationsstufen enthält.

34. Regenerierbare Separationselemente gemäß Anspruch 33, dadurch gekennzeichnet, daß die Regenerationsstufen nach unterschiedlichen Regenerationsmethoden arbeiten.

35. Regenerierbare Separationselemente gemäß einem der Ansprüche 6 bis 34 dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine Regenerationseinheit (2) nach dem Prinzip der Ultraschallreinigung arbeitet.

36. Regenerierbare Separationselemente gemäß einem der Ansprüche 1 bis 35 dadurch gekennzeichnet, daß als Drainage (8, 8') schaumartige Flachmedien verwendet werden.

37. Regenerierbare Separationselemente gemäß einem der Ansprüche 1 bis 36 dadurch gekennzeichnet, daß als Verteilungs- oder Abfuhrkanäle bzw. Drainagen (8, 8'), für das zu behandelnde oder behandelte Medium, gelochte oder anders perforierte schlauchartige Elemente verwendet werden.

38. Regenerierbare Separationselemente gemäß einem der Ansprüche 1 bis 37 dadurch gekennzeichnet, daß die Achsenbindung (13, 13') über schlauchartige Vorrichtungen erfolgt, die zur Installation bzw. zum Auswechseln mit damit korrespondierenden Achsenanbindungsstelle verbunden oder davon zerstörungsfrei abgenommen werden können.

39. Regenerierbare Separationselemente gemäß einem der Ansprüche 1 bis 38 dadurch gekennzeichnet, daß eine der Achsen oder beide Achsen (4, 4') ein Separationselement (Filterkerze) ist, das bezogen auf die Konstruktion und die Funktion, dem Stand der Technik entspricht und als Separationsmittel Filter für die Fein-, Mikro- oder Ultrafiltration enthält.

40. Regenerierbare Separationselemente gemäß einem der Ansprüche 1 bis 39 dadurch gekennzeichnet,

net, daß sie in einem Gehäuse (3) in Serie mit, dem Stand der Technik entsprechenden, Separationselementen der Fein-, Mikro- oder Ultrafiltration betrieben werden können.

41. Regenerierbare Separationselemente gemäß Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß sie in einem für den Betrieb der Separationselemente geeignetem Gehäuse (3) zusammen mit Regenerationseinheiten (2) installiert sind.

42. Regenerierbare Separationselemente gemäß Anspruch 41, dadurch gekennzeichnet, daß die Regenerationseinheiten (2) Ultraschallrohresonatoren sind.

43. Regenerierbare Separationselemente gemäß Anspruch 41 und oder 42, dadurch gekennzeichnet, daß in einem Gehäuse (3) 3 Separationselemente und eine Regenerationseinheit (2) wie in Abb. 14A angeordnet sind und in Wechselwirkung treten können.

44. Regenerierbare Separationselemente gemäß Anspruch 41 und oder 42, dadurch gekennzeichnet, daß in einem Gehäuse (3) 2 Separationselemente und eine Regenerationseinheit (2) wie in Abb. 14B angeordnet sind und in Wechselwirkung treten können.

45. Die Verwendung einer oder mehrerer Varianten der regenerierbaren Separationselemente gemäß einem der Ansprüche 1 bis 44 für die Behandlung von biotechnologischen Medien.

46. Die Verwendung einer oder mehrerer Varianten der regenerierbaren Separationselemente gemäß einem der Ansprüche 1 bis 44 für die Behandlung von Getränken in diversen Fertigungszuständen.

47. Die Verwendung einer oder mehrerer Varianten der regenerierbaren Separationselemente gemäß Anspruch 46, dadurch gekennzeichnet, daß das Getränk Bier ist.

48. Die Verwendung einer oder mehrerer Varianten der regenerierbaren Separationselemente gemäß Anspruch 47, dadurch gekennzeichnet, daß ein Kieselgur- und oder Schichtenfilterfiltrat steril filtriert werden soll.

49. Die Verwendung einer oder mehrerer Varianten der regenerierbaren Separationselemente gemäß Anspruch 47, dadurch gekennzeichnet, daß Bier mit immobilisiertem PVPP stabilisiert werden soll.

50. Die Verwendung einer oder mehrerer Varianten der regenerierbaren Separationselemente gemäß Anspruch 47, dadurch gekennzeichnet, daß Bier aus Hefegälgern gewonnen werden soll.

51. Die Verwendung einer oder mehrerer Varianten der regenerierbaren Separationselemente gemäß Anspruch 47, dadurch gekennzeichnet, daß aus Hefegälgern Hefe mit vermindertem Flüssigkeitsgehalt gewonnen werden soll.

52. Die Verwendung einer oder mehrerer Varianten der regenerierbaren Separationselemente gemäß Anspruch 47, dadurch gekennzeichnet, daß das Bier ohne Kieselgurfiltration bzw. Kieselgurbehandlung steril und abfüllstabil erzeugt werden soll.

53. Die Verwendung einer oder mehrerer Varianten der regenerierbaren Separationselemente gemäß der Ansprüche 1 bis 44 für die Behandlung von Suspensionen mit hohem Feststoffgehalt.

54. Die Verwendung einer oder mehrerer Varianten der regenerierbaren Separationselemente ge-

mäß einem der Ansprüche 1 bis 44 für die Behandlung von Gasen.

55. Die Verwendung einer oder mehrerer Varianten der regenerierbaren Separationselemente gemäß Anspruch 54, dadurch gekennzeichnet, daß Elektretmaterialien als Separationsmittel zur Gasbehandlung Verwendung finden.

56. Die Verwendung einer oder mehrerer Varianten der regenerierbaren Separationselemente gemäß Anspruch 55, dadurch gekennzeichnet, daß die Elektretwirkung eines Separationsmediums (7) regeneriert wird.

57. Die Verwendung einer oder mehrerer Varianten der regenerierbaren Separationselemente gemäß Anspruch 56, dadurch gekennzeichnet, daß die Regeneration eines Separationsmediums (7) durch die Wechselwirkung einer erwärmten, vereinzelter Separations- oder Filtereinheit (18) mit einer elektrischen Korona erfolgt.

58. Die Verwendung einer oder mehrerer Varianten der regenerierbaren Separationselementen gemäß Anspruch 57, dadurch gekennzeichnet, daß das Elektretmaterial vor der Regeneration entladen wird und in der vereinzelter Separations- oder Filterschicht (18) abgeschiedene Verunreinigungen abgereinigt werden.

59. Geschlossene Gehäuse (3) für regenerierbare Separationselemente, mit mindestens 2 Öffnungen (9, 10, 11, 15, 16, 49) für die Medienabfuhr oder Medienzufuhr, dadurch gekennzeichnet, daß es Vorrichtungen zur Vereinzelung von Separations- oder Filtersegmenten (40), von Separations- oder Filtereinheiten (18) oder von Separationsmedien (7, 7') eines regenerierbaren Separationselementes enthält.

60. Gehäuse (3) für regenerierbare Separationselemente gemäß Anspruch 59, dadurch gekennzeichnet, daß im Gehäuse (3) mindestens ein bewegbarer, mit einer Achse (4, 4', 39) des Separationselementes und oder einer Vereinzelungsvorrichtung verbindbarer Achsenanschluß (12, 12') installiert ist und das Gehäuse (3) mindestens eine Vereinzelungsvorrichtung enthält, die im Zusammenwirken mit den Achsen (4, 4', 39) die Vereinzelung von Separations- oder Filtersegmenten (40), von Separations- oder Filtereinheiten (18) oder von Separationsmedien (7, 7') eines Separationselementes erlauben.

61. Gehäuse (3) für regenerierbare Separationselemente gemäß Anspruch 60, dadurch gekennzeichnet, daß die Bewegung des Achsenanschlusses (12, 12') eine Drehbewegung ist.

62. Gehäuse (3) für regenerierbare Separationselemente gemäß Anspruch 61, dadurch gekennzeichnet, daß dem Gehäuse (3) Medium über den Achsenanschluß (12, 12') zugeführt oder von ihm abgeführt werden kann.

63. Gehäuse (3) für regenerierbare Separationselemente gemäß Anspruch 60, dadurch gekennzeichnet, daß die Bewegung des Achsenanschlusses (12, 12') die Bewegung in einer Führungsspur (35) ist.

64. Gehäuse (3) für regenerierbare Separationselemente gemäß Anspruch 63, dadurch gekennzeichnet, daß der Achsenanschluß (12, 12') zusätzlich um die eigene Achse drehbar ist.

65. Gehäuse (3) für regenerierbare Separationselemente gemäß Anspruch 60, dadurch gekennzeichnet, daß die Vereinzelungsvorrichtung fixiert instal-

liert ist.

66. Gehäuse (3) für regenerierbare Separationselemente gemäß Anspruch 60, dadurch gekennzeichnet, daß die Vereinzelungsvorrichtung in einer Führungsspur (35) bewegbar ist. 5
67. Gehäuse (3) für regenerierbare Separationselemente gemäß Anspruch 65 und 66, dadurch gekennzeichnet, daß die Vereinzelungsvorrichtung ein Umlenkstab oder eine Umlenkrolle (14, 14') ist.
68. Gehäuse (3) für regenerierbare Separationselemente gemäß Anspruch 65 und 66, dadurch gekennzeichnet, daß die Vereinzelungsvorrichtung ein Vereinzelungsblech (27) ist. 10
69. Gehäuse (3) für regenerierbare Separationselemente gemäß Anspruch 60, dadurch gekennzeichnet, daß Die Vereinzelungsvorrichtungen eine drehbare Achse (4, 4', 39, 51) ist. 15
70. Gehäuse (3) für regenerierbare Separationselemente gemäß Anspruch 69, dadurch gekennzeichnet, daß über die Achse (4, 4', 39) dem Gehäuse (3) Medium zugeführt oder Medium von ihm abgeführt werden kann. 20
71. Gehäuse (3) für regenerierbare Separationselemente gemäß einem der Ansprüche 60 bis 70, dadurch gekennzeichnet, daß im Gehäuse (3) eine oder mehrere Regenerationswannen (20) installiert sind. 25
72. Gehäuse (3) für regenerierbare Separationselemente gemäß Anspruch 71, dadurch gekennzeichnet, daß die Regenerationswannen (20) mit verschiedenen Regenerationsmedien (21) beschickt werden können. 30
73. Gehäuse (3) für regenerierbare Separationselemente gemäß einem der Ansprüche 60 bis 72, dadurch gekennzeichnet, daß im Gehäuse (3) eine oder mehrere Regenerationseinheiten (2, 5) installiert sind. 35
74. Gehäuse (3) für regenerierbare Separationselemente gemäß Anspruch 73, dadurch gekennzeichnet, daß im Gehäuse (3) Regenerationseinheiten (2, 2', 2' ...) für verschiedene Regenerationsmethoden installiert sind. 40
75. Gehäuse (3) für regenerierbare Separationselemente gemäß Anspruch 73 und 74, dadurch gekennzeichnet, daß Regenerationseinheiten (2) für die Ultraschallreinigung installiert sind. 45
76. Gehäuse (3) für regenerierbare Separationselemente gemäß Anspruch 75, dadurch gekennzeichnet, daß die Regenerationseinheit (2) Ultraschallrohrresonatoren sind. 50
77. Gehäuse (3) für regenerierbare Separationselemente gemäß Anspruch 73 bis 76, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine Regenerationseinheiten (2, 2', 2' ...) bewegbar ist. 55

Hierzu 35 Seite(n) Zeichnungen

60

65

Abb. 1A.

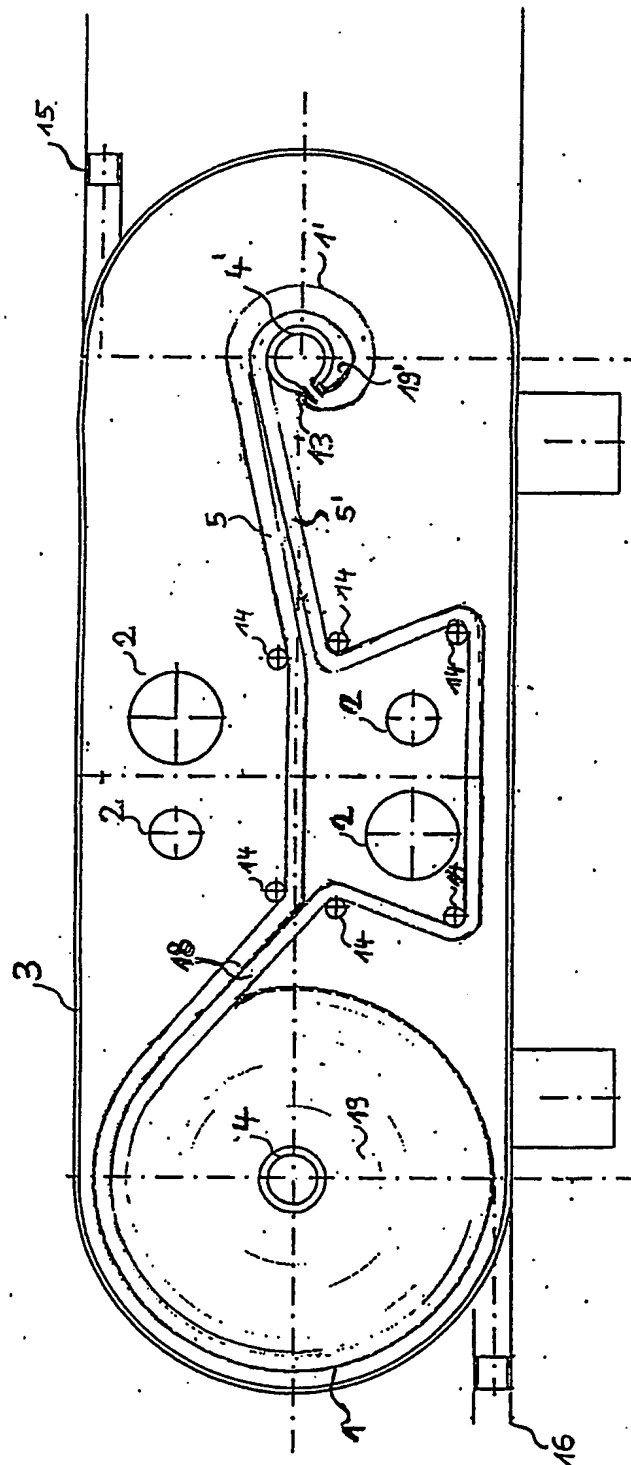


Abb. 1B

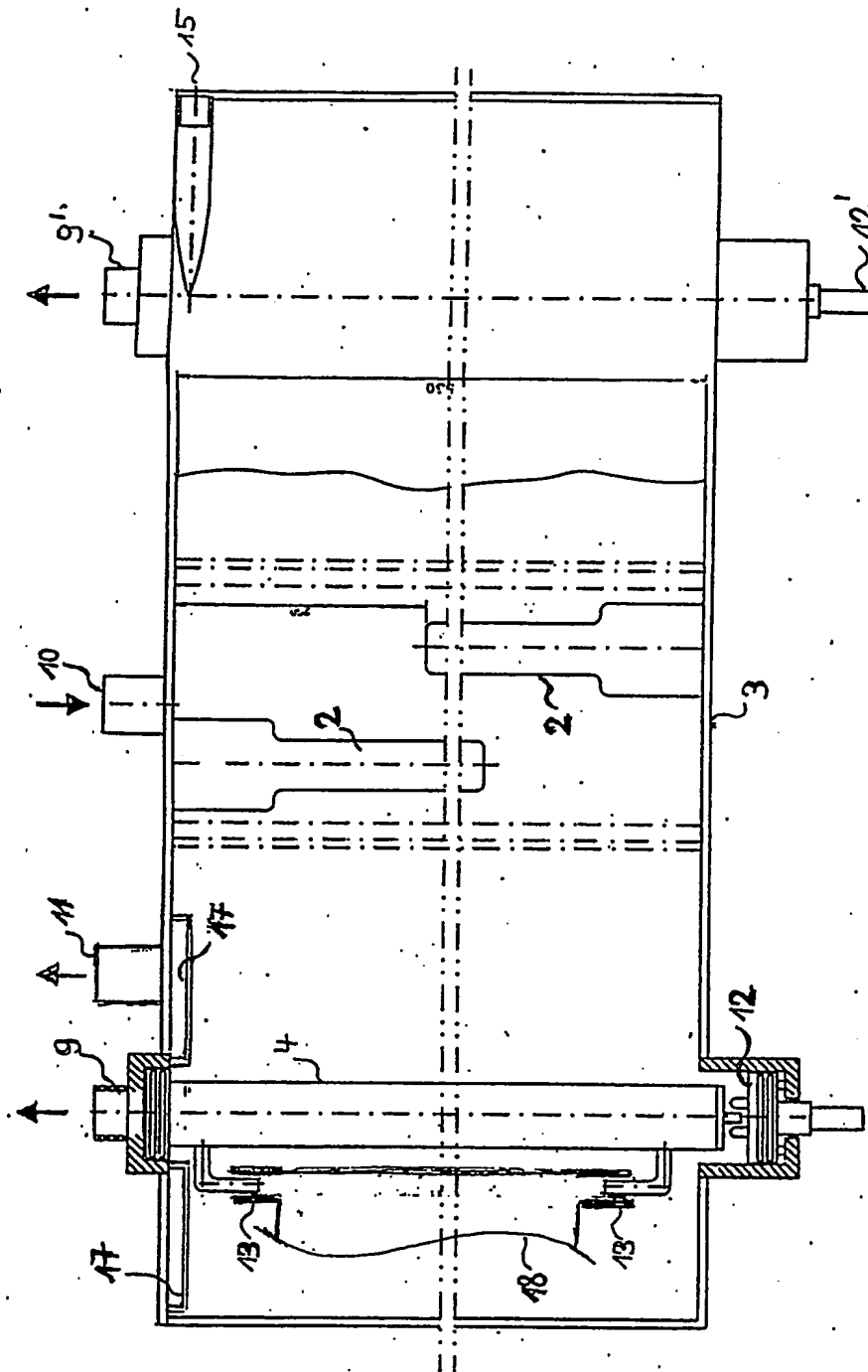


Abb. 2

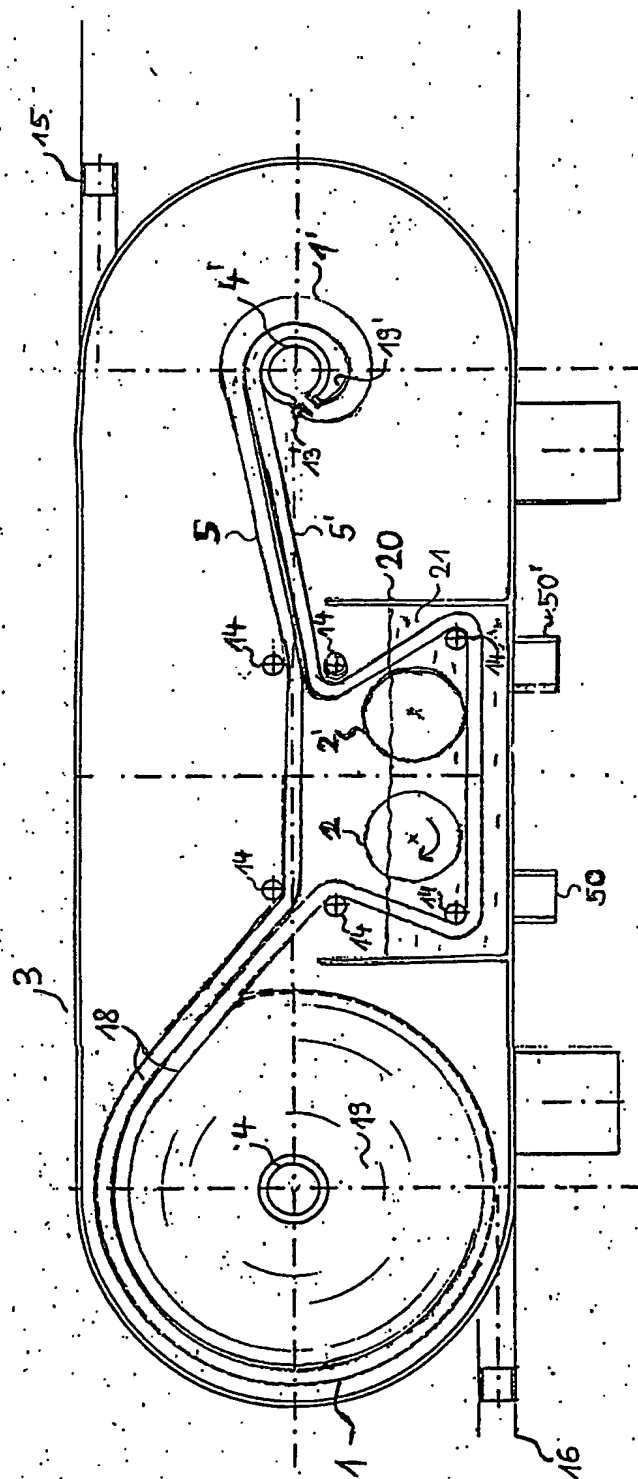


Abb. 3

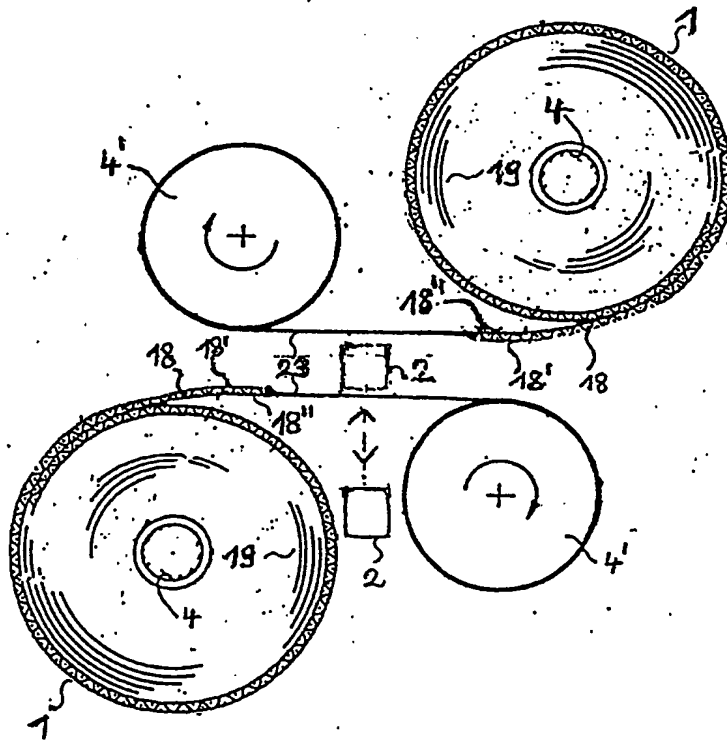


Abb. 47

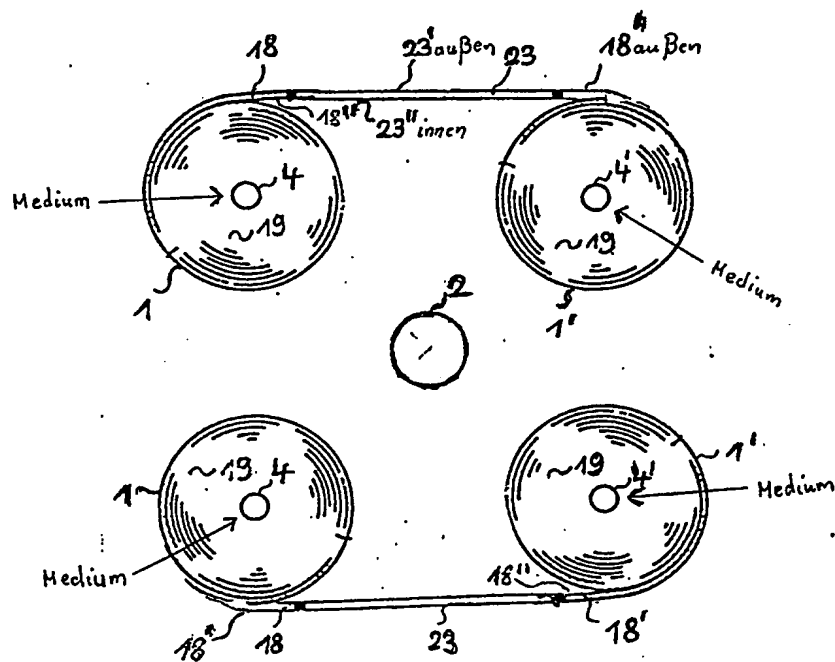


Abb. 4B

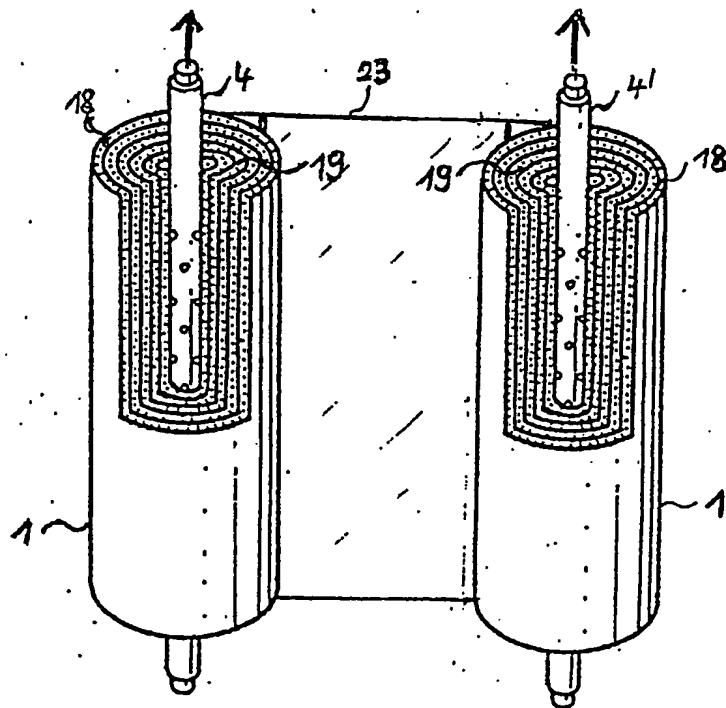


Abb. 5H

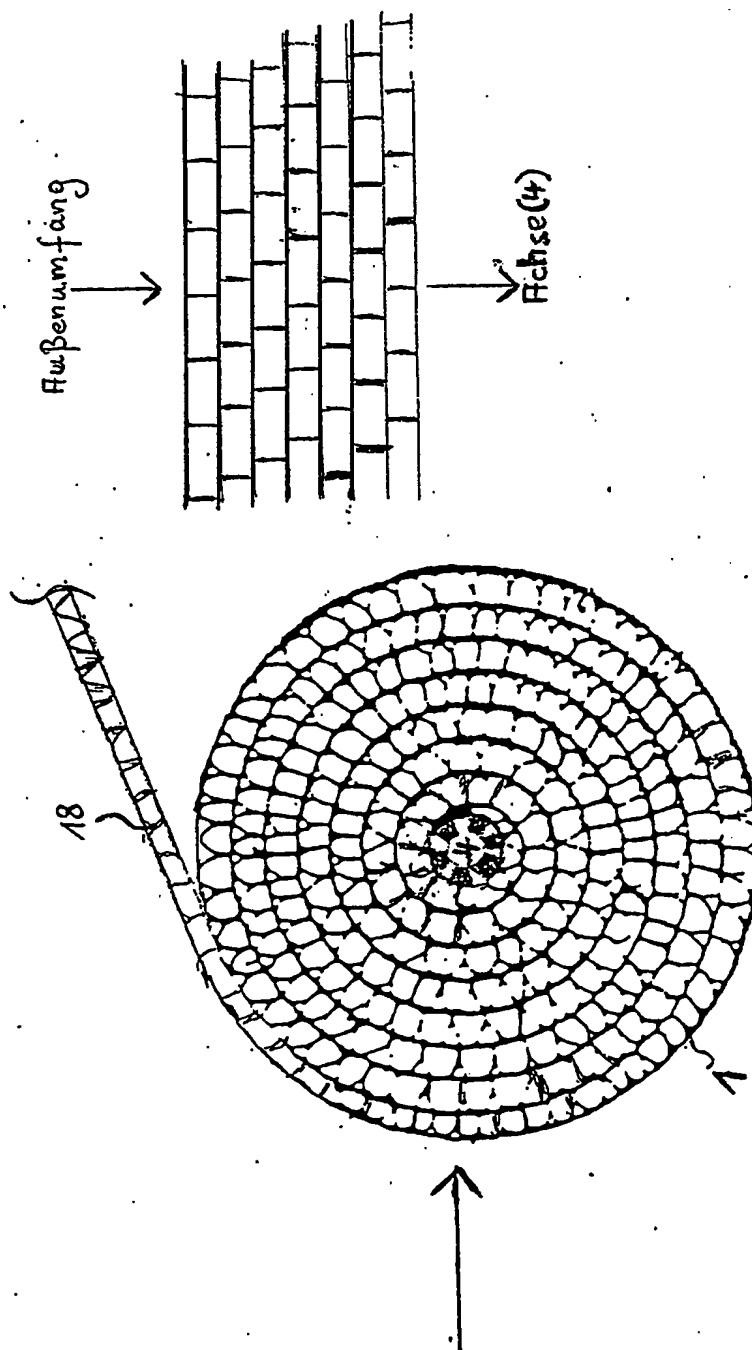


Abb. 5B

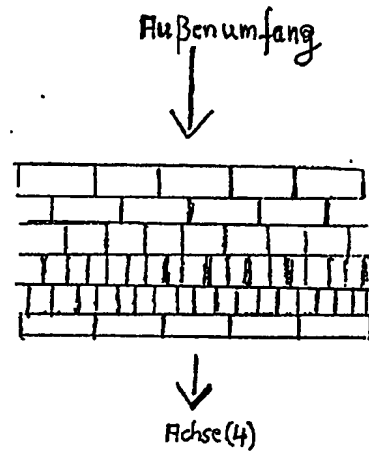
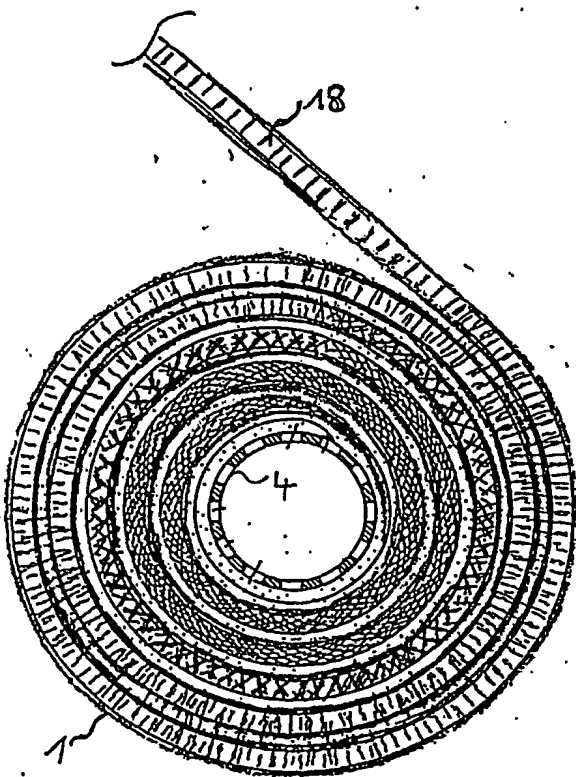


Abb. 5C

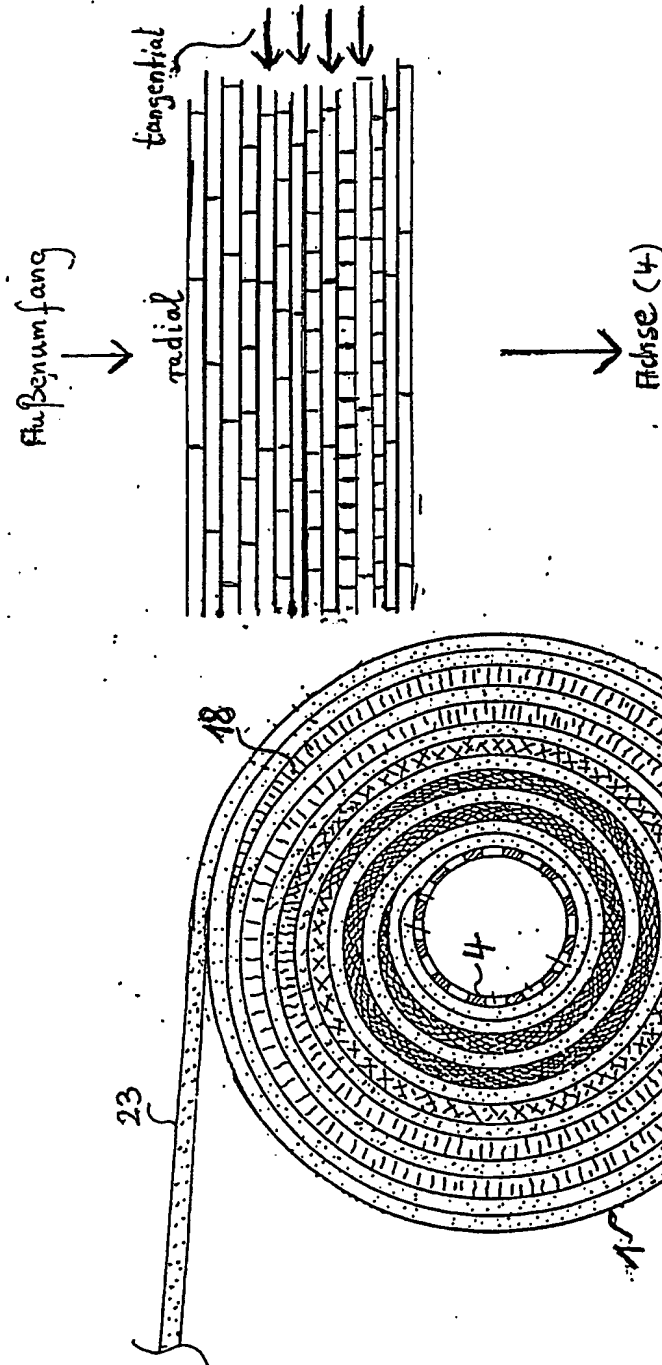


Abb. 6A

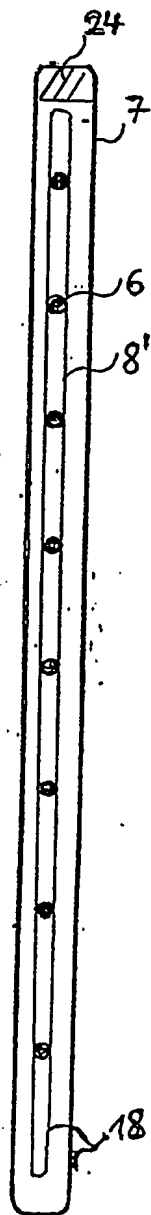


Abb. 6B

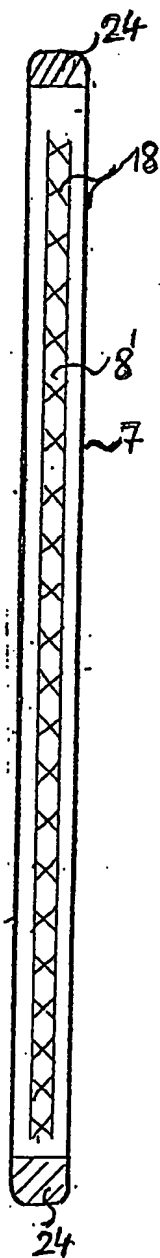


Abb. 6C

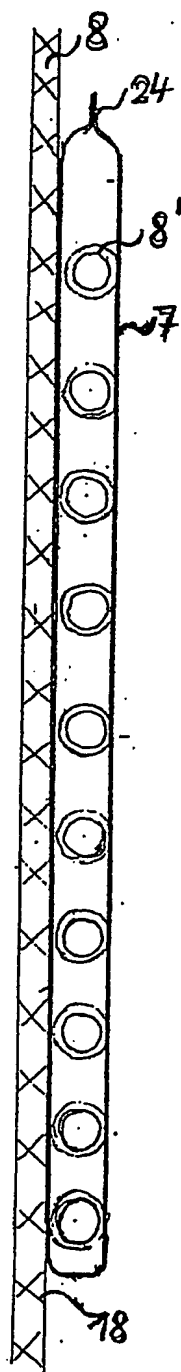


Abb. 7A

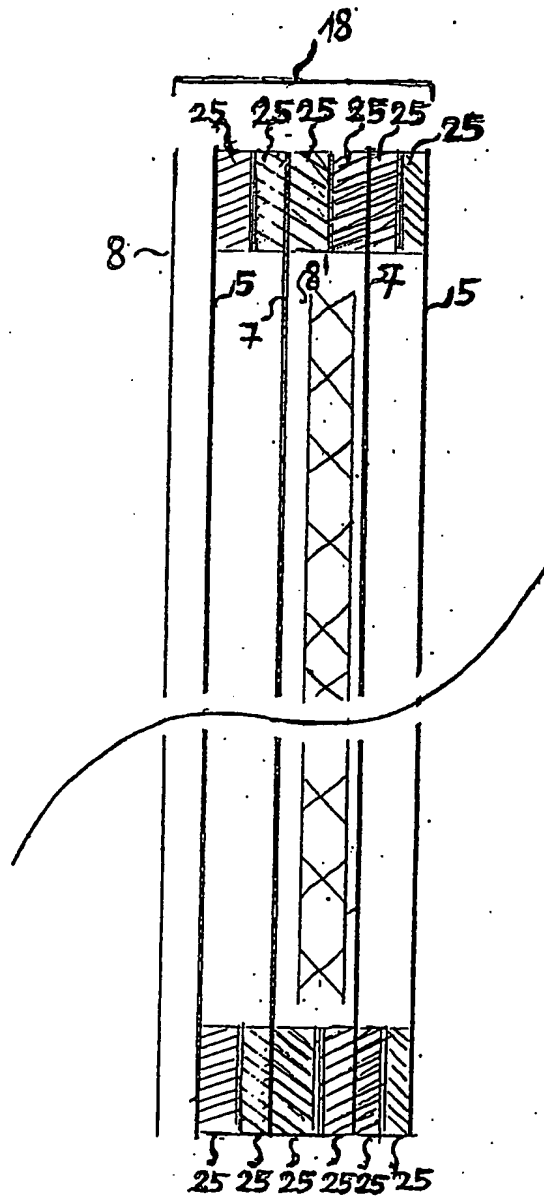


Abb. 7B

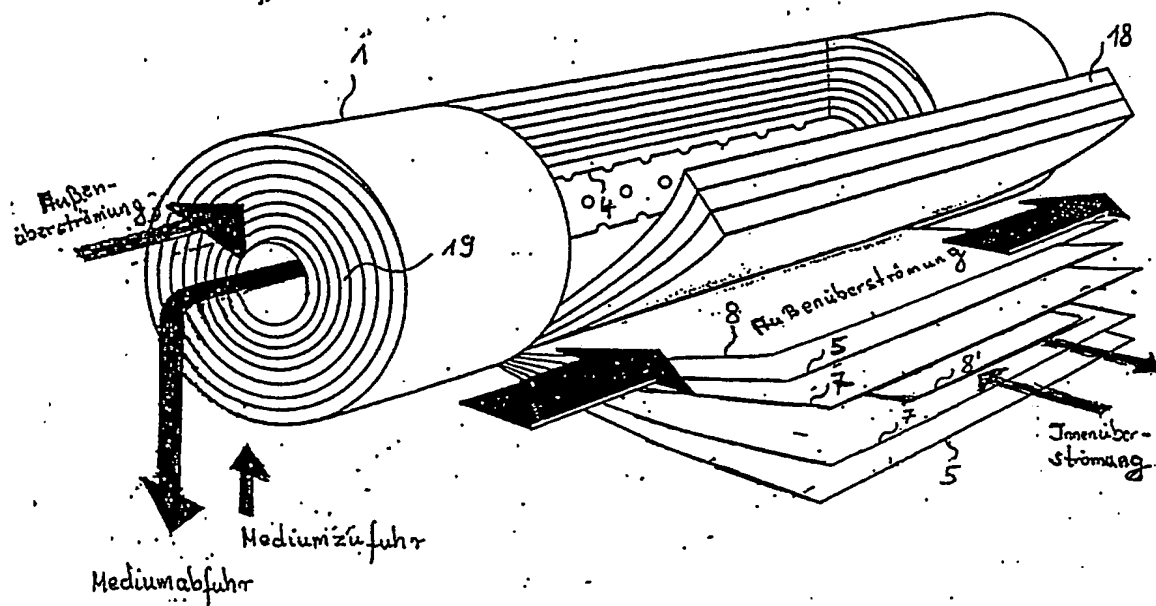


Abb. 8A

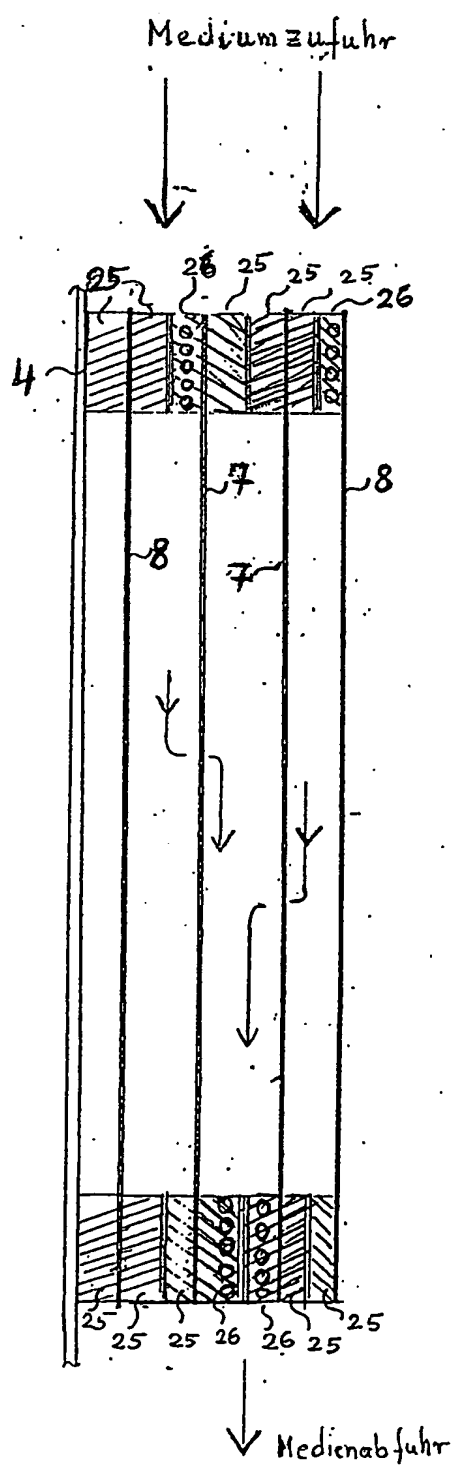


Abb. 8B

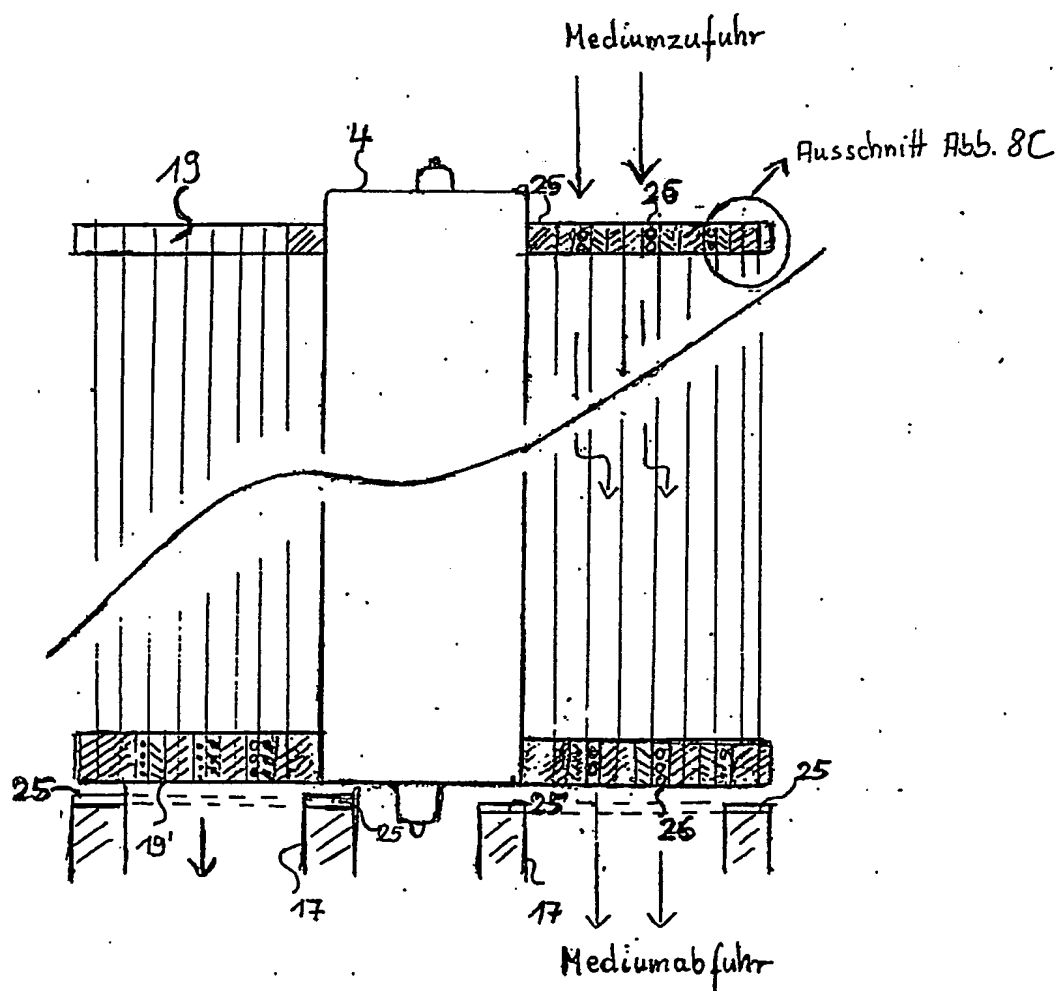


Abb. 8C

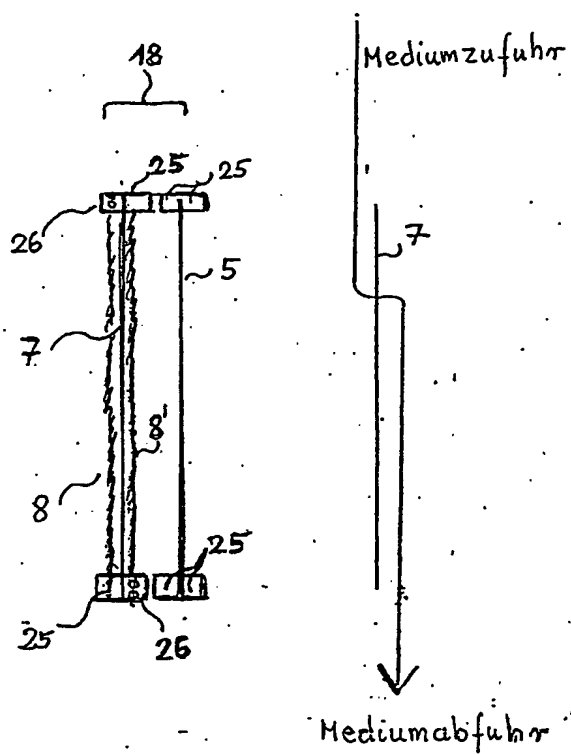


Abb. 8D

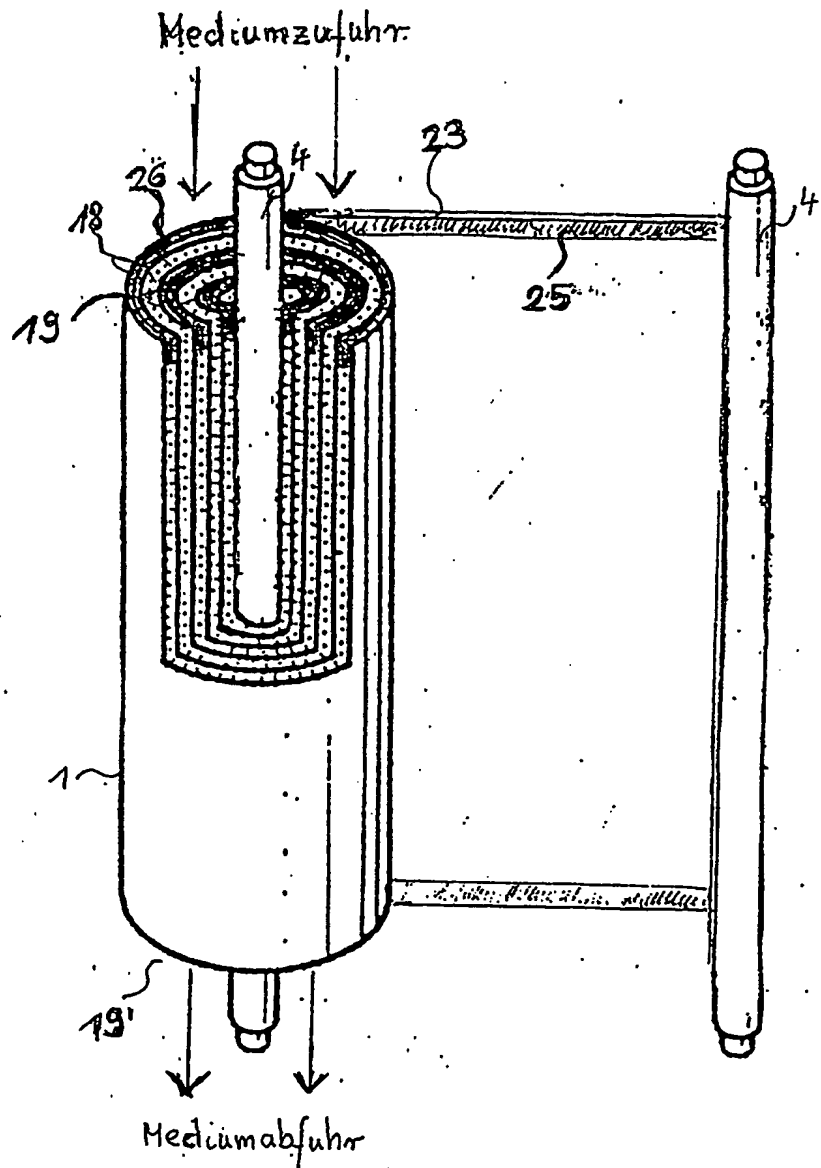


Abb. 9A

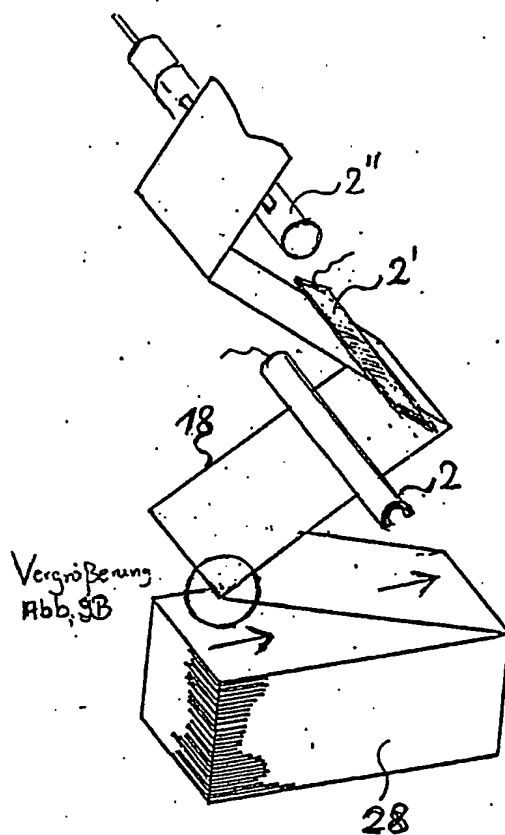


Abb. 9B

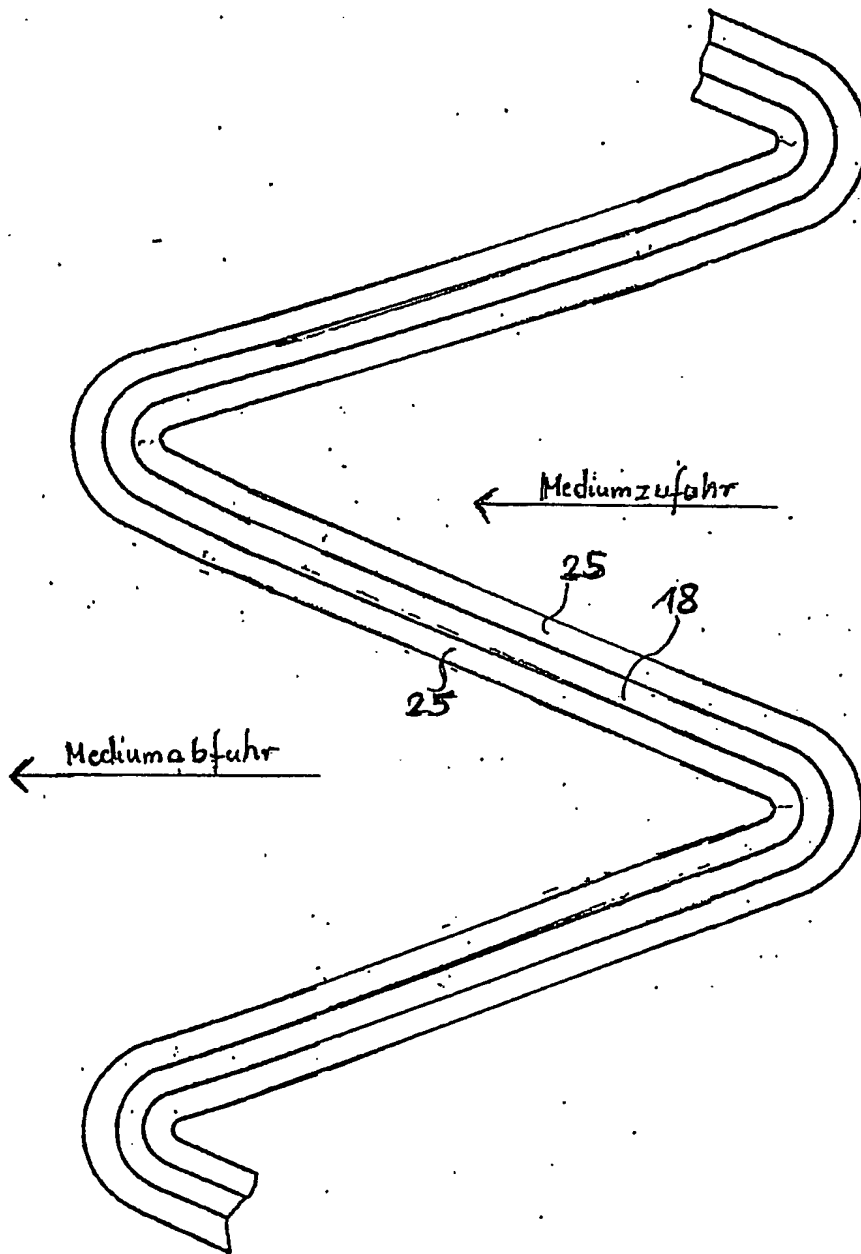


Abb. 9C

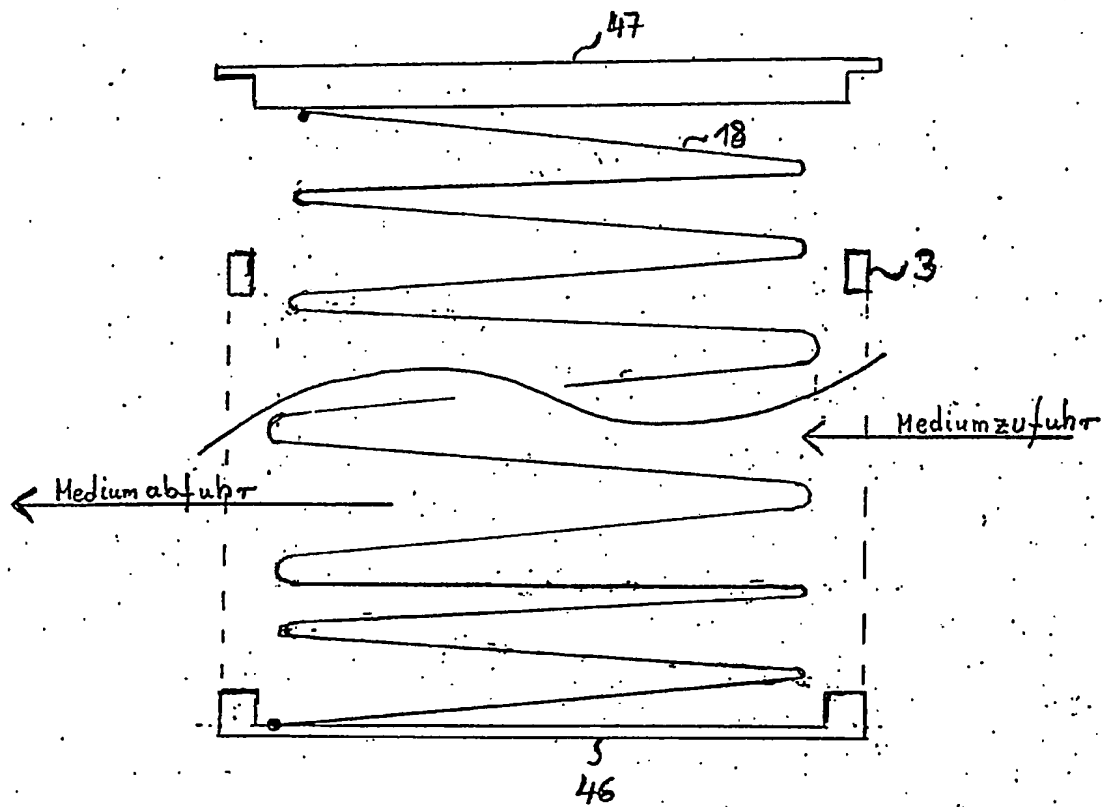


Abb. 10

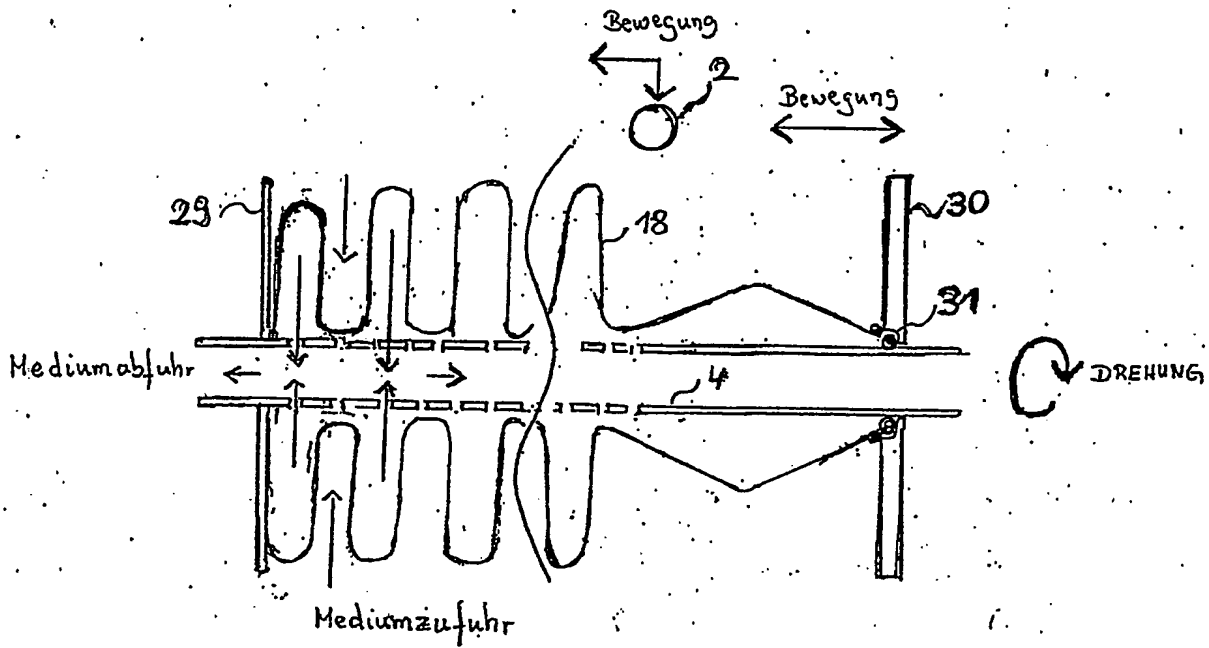


Abb. 11 A

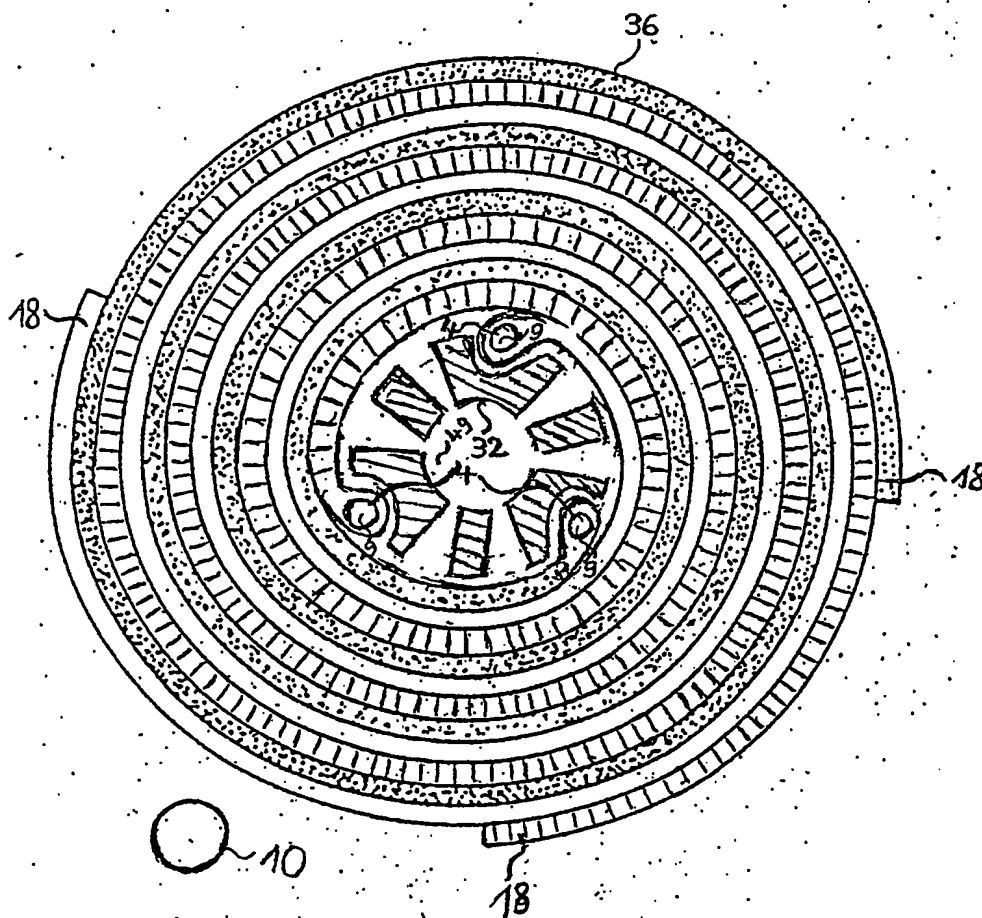


Abb. 11 B

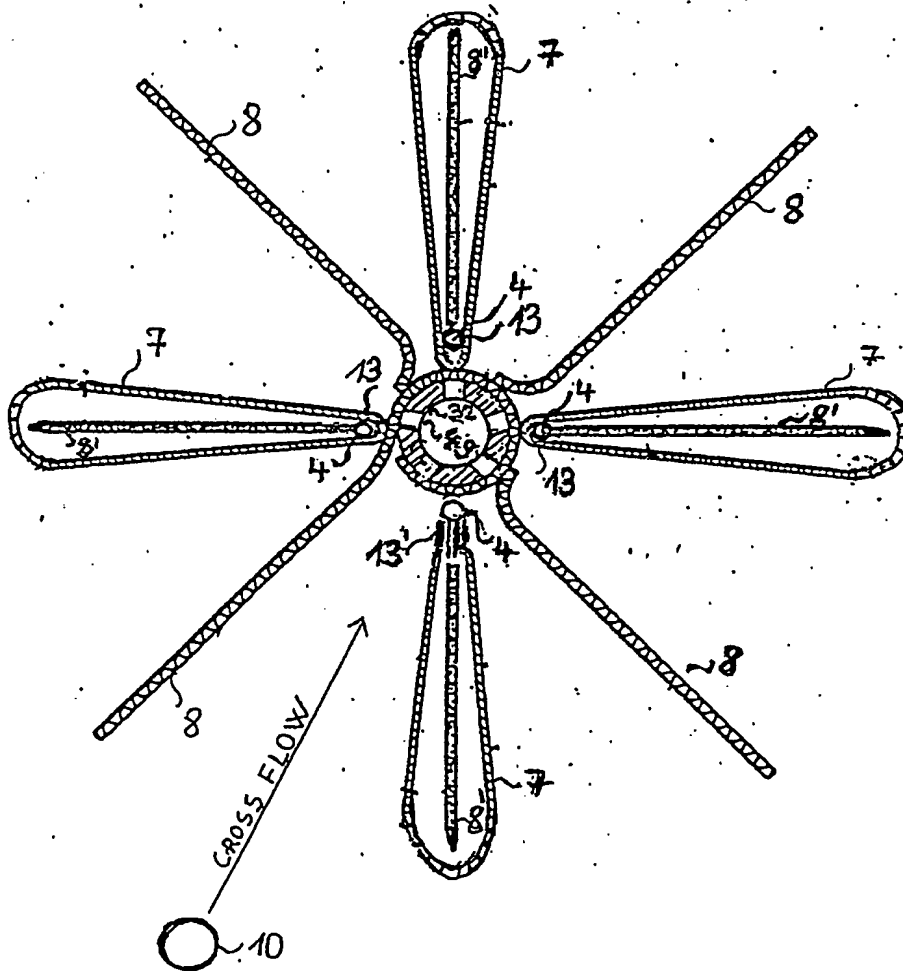


Abb. 11C

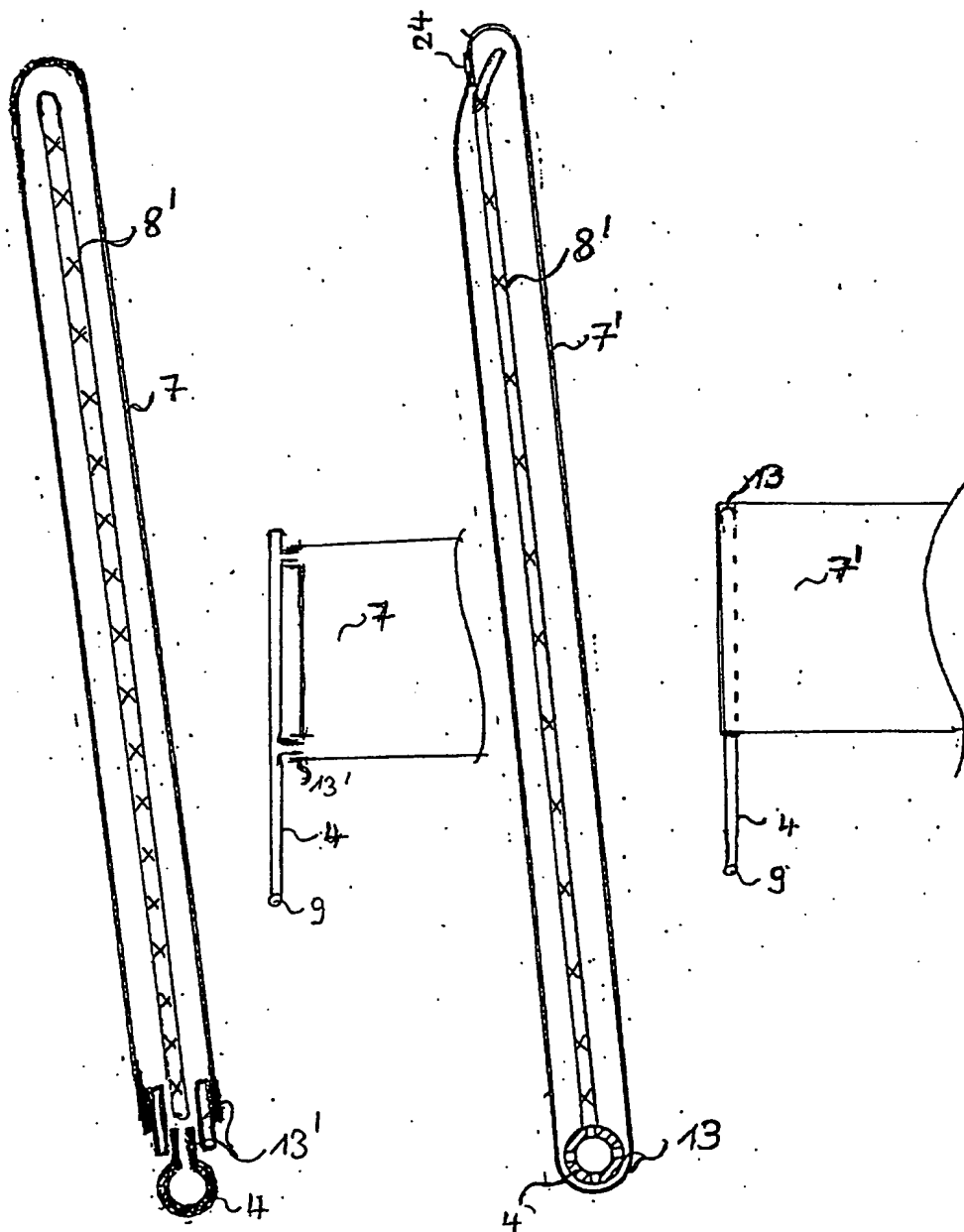


Abb. 11D

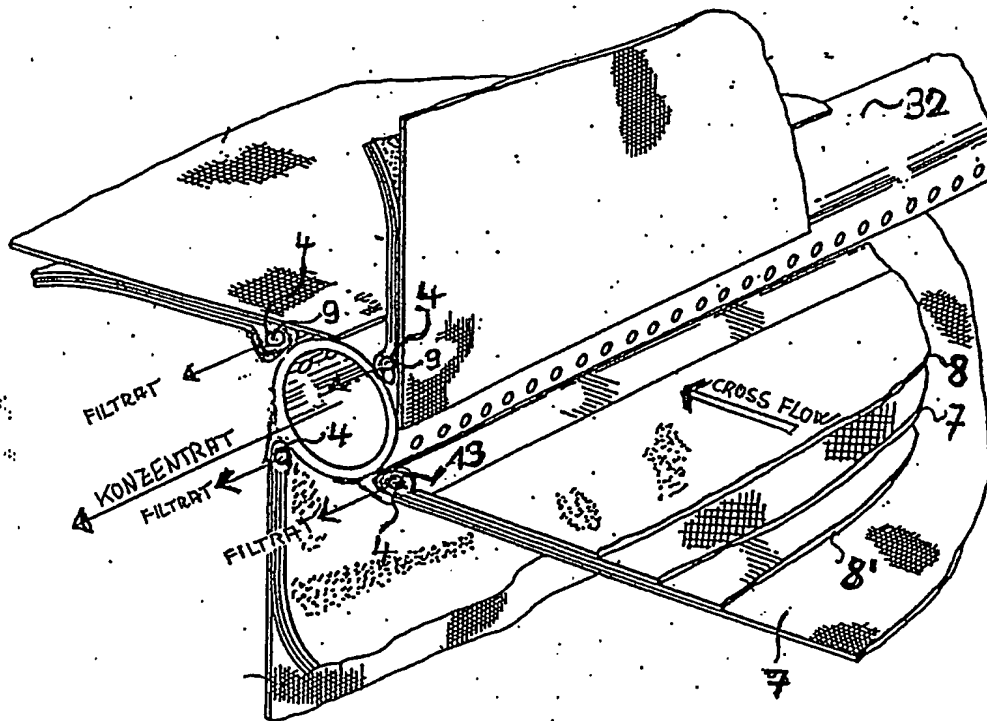


Abb. 11E

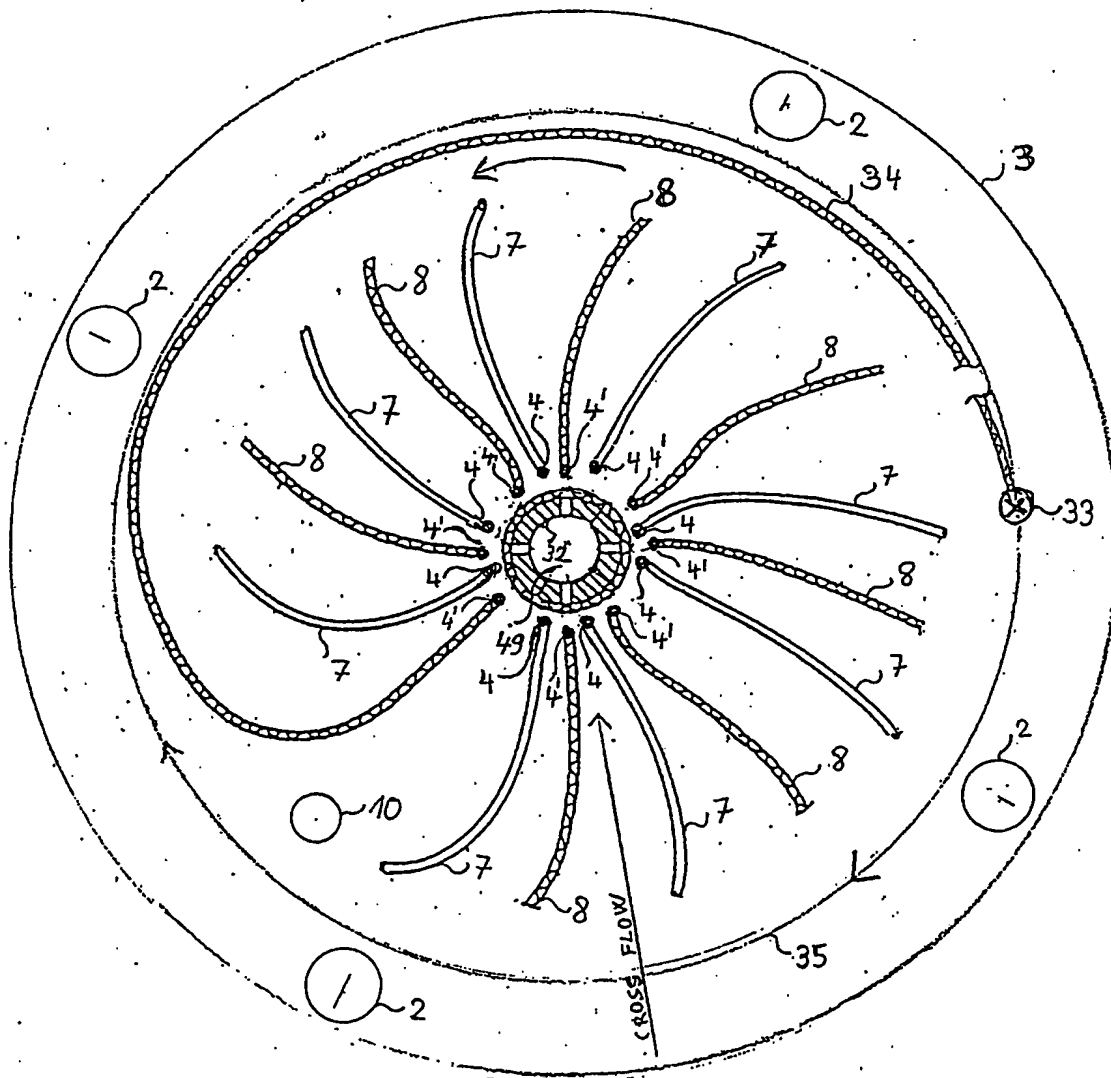


Abb. 11 F

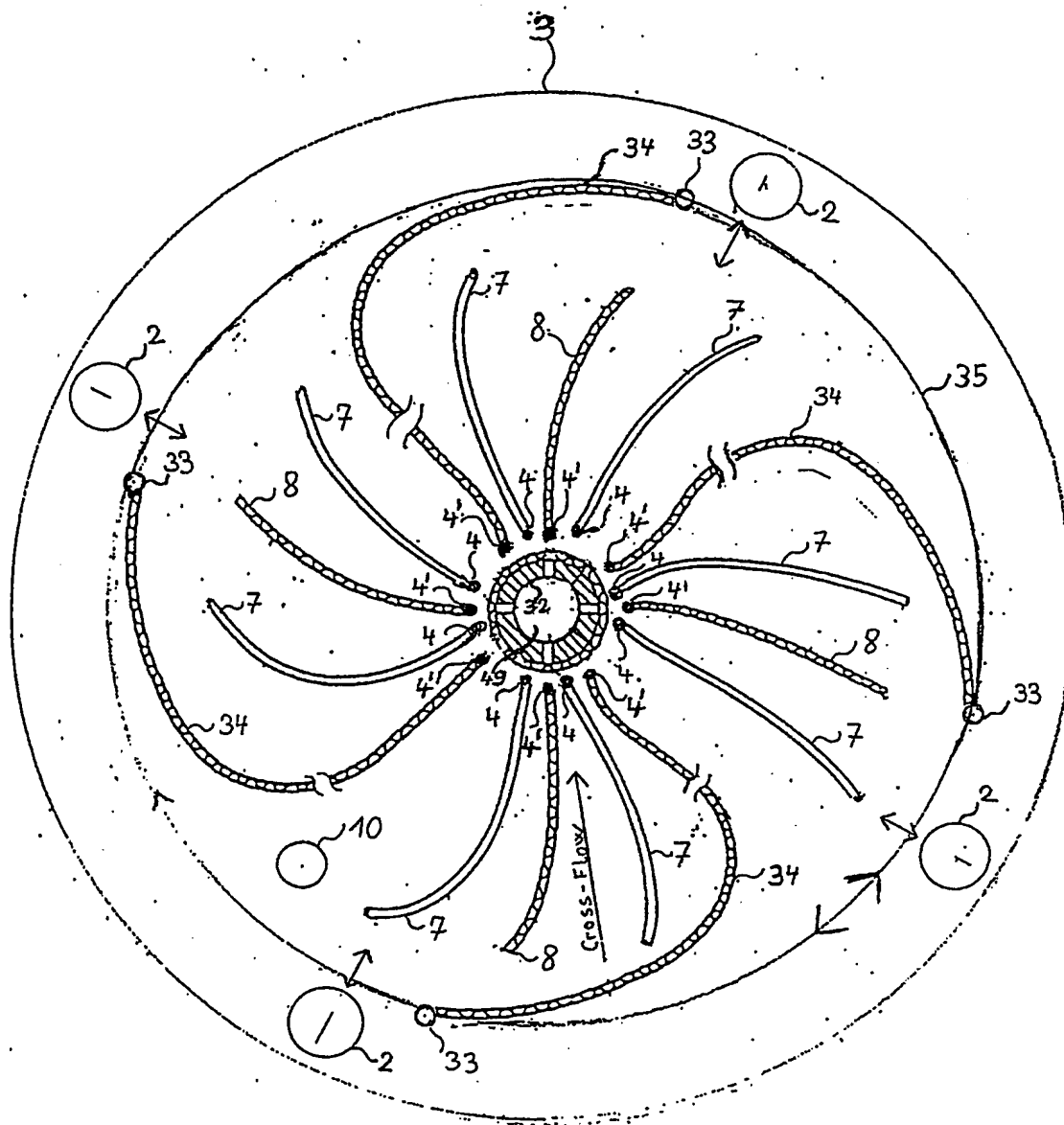


Abb. 11 G

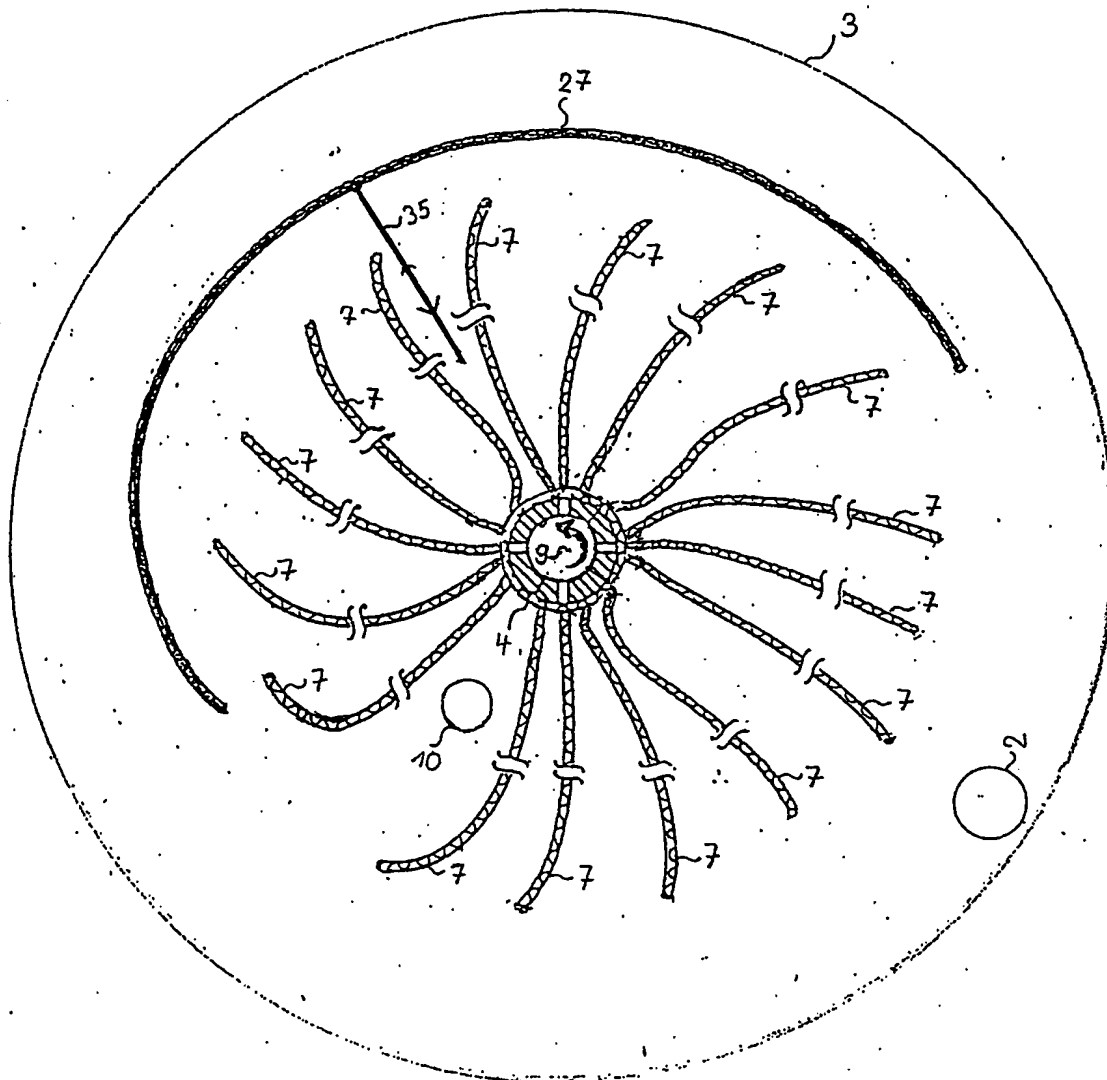


Abb. 12A

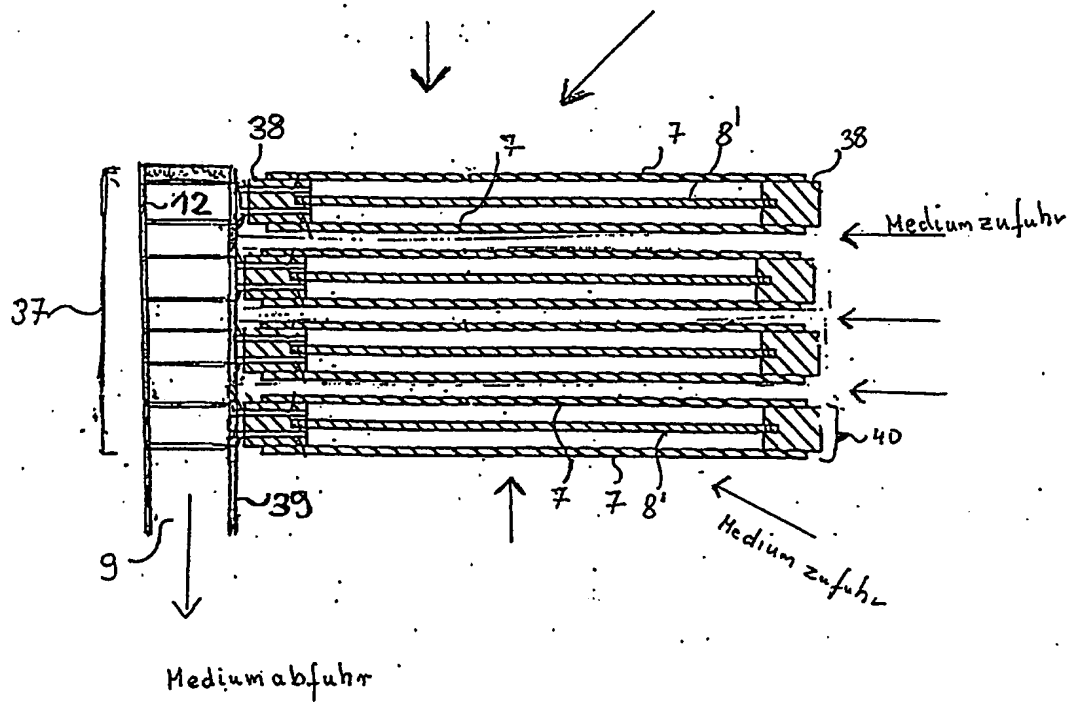


Abb. 12B

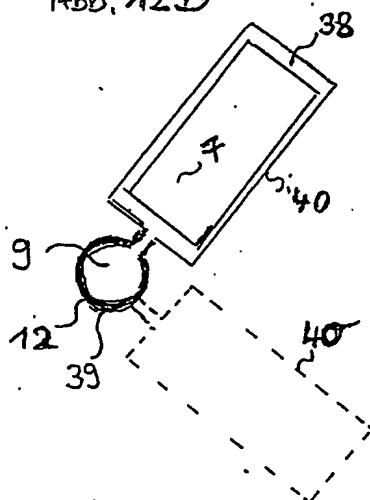


Abb. 12C

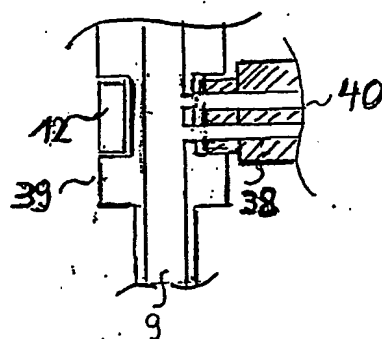


Abb. 12D

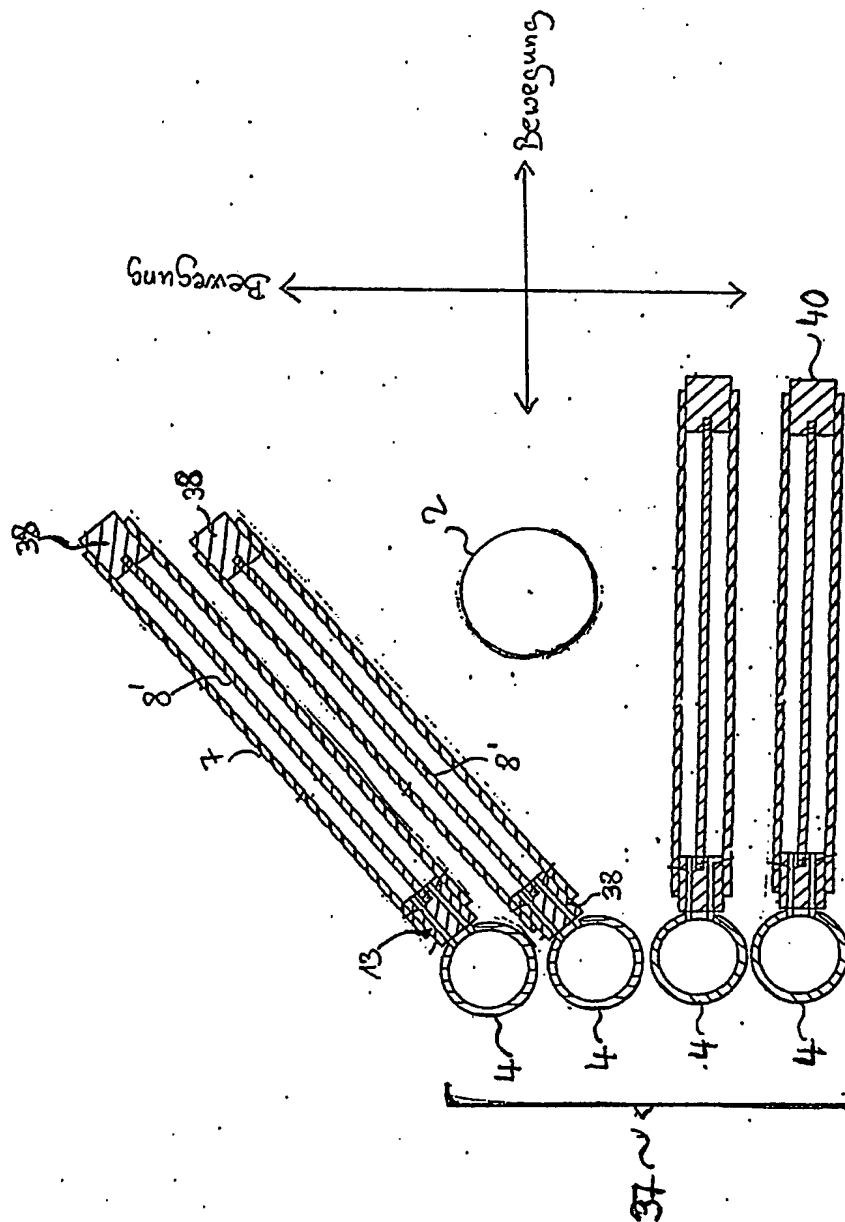


Abb. 13

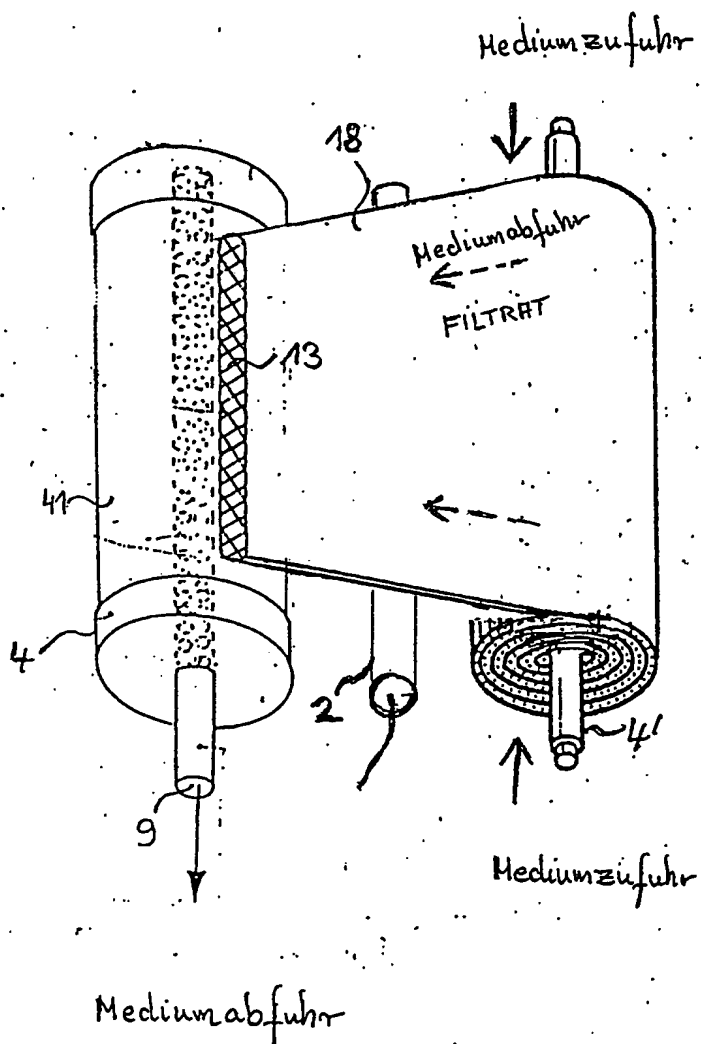


Abb. 14A

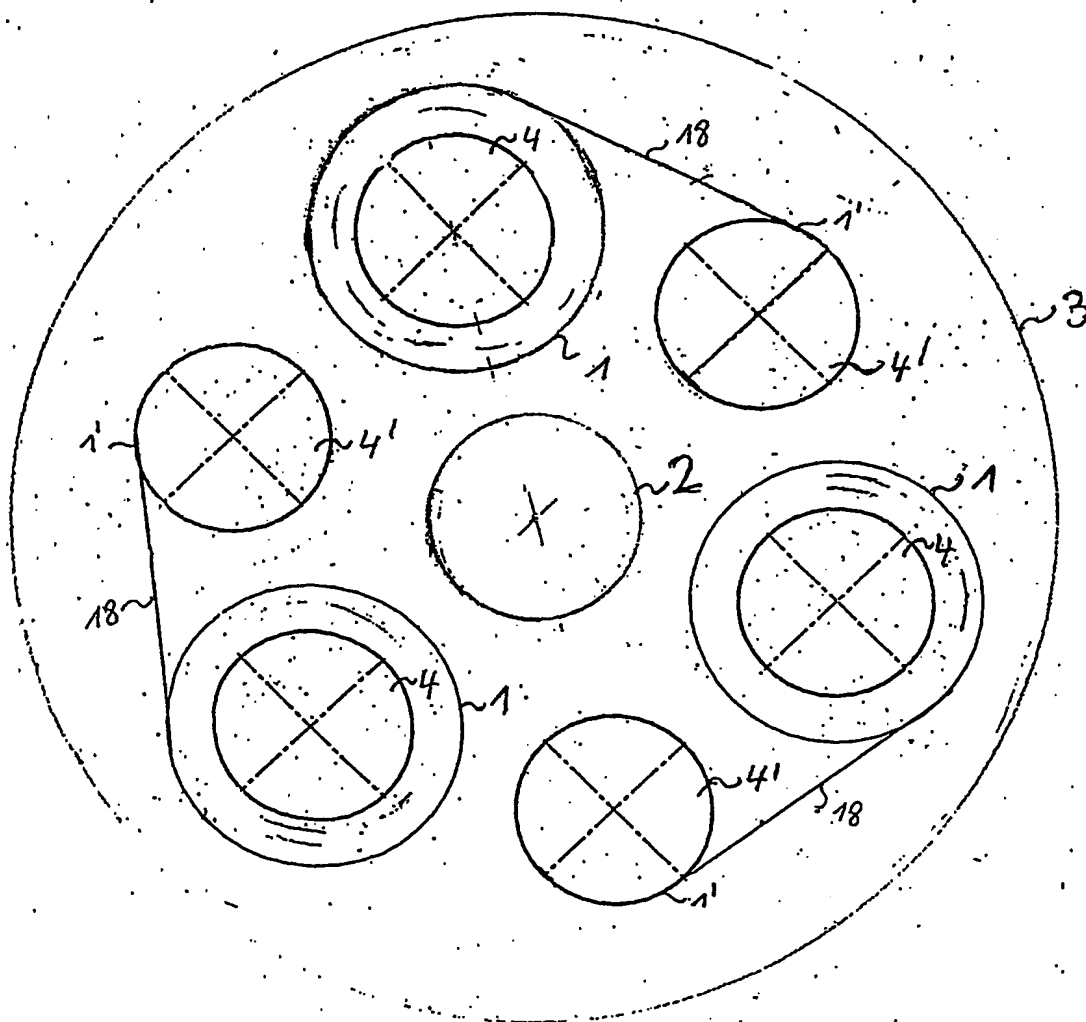


Abb. 14B

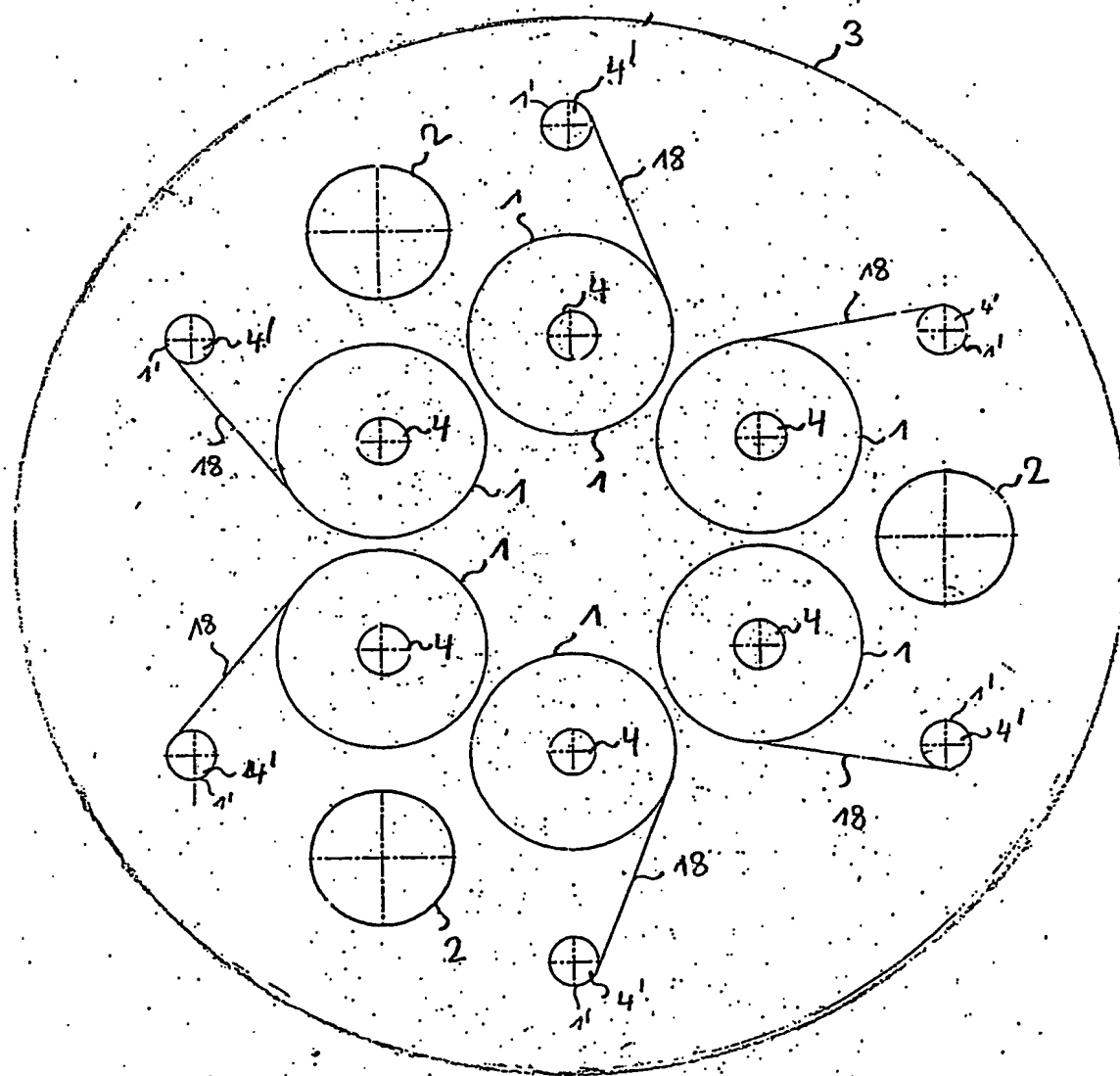


Abb. 14C

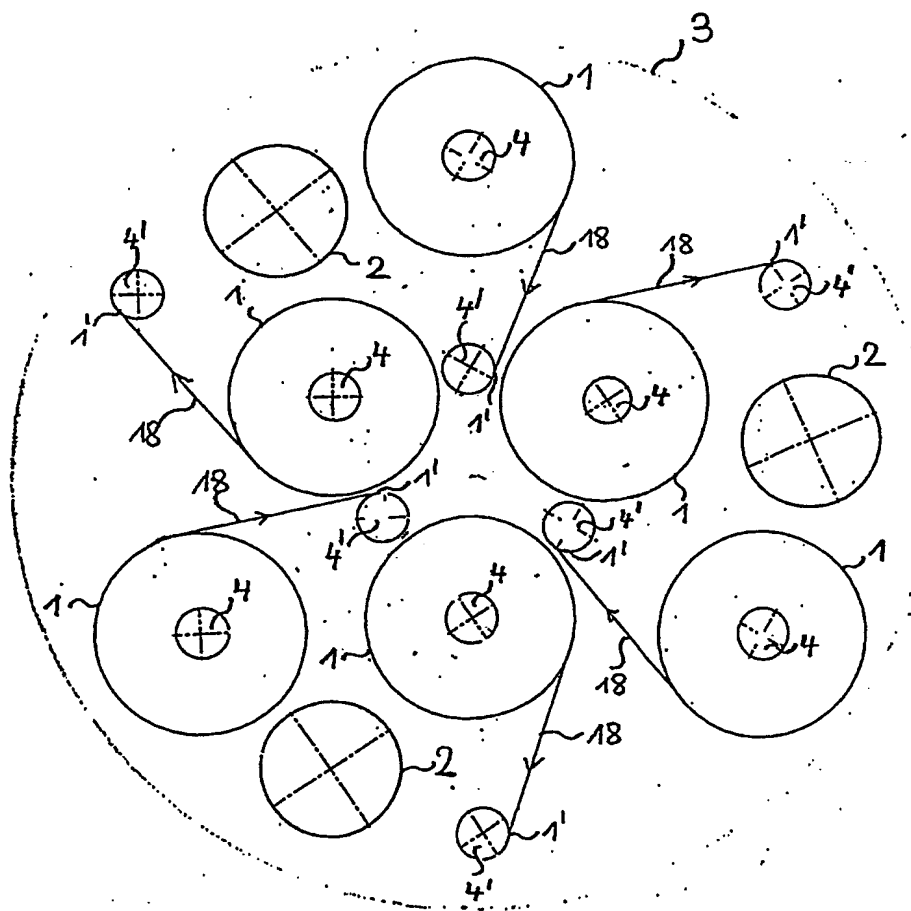


Abb. 15

